



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN SECADOR TIPO TÚNEL PARA LA
DESHIDRATACIÓN DE LA HARINA DE SANGRE EN EL CAMAL
FRIGORÍFICO DE RIOBAMBA”**

TESIS DE GRADO
Previo a la Obtención del Título de:
INGENIERO QUÍMICO

MARCO SAÚL MORETA SÁNCHEZ

RIOBAMBA – ECUADOR
2012

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento sincero es para todos aquellos quienes me ayudaron a alcanzar una meta más en mi vida.

No puedo dejar de mencionar a mis padres por sus enseñanzas, apoyo y comprensión, espero algún día poder retribuir al menos la mitad de lo que me han dado.

A mis hermanos, Beatriz, Alberto, Leonardo, Miriam, Blanca y Wilson, gracias por la paciencia, por sus buenos consejos y por tener presente su ejemplo para llegar a ser un hombre de bien.

A todos mis amigos que no permitieron que la soledad se convierta en tristeza, por su compañía en los momentos más difíciles y los buenos recuerdos que pasamos en nuestra querida Politécnica.

Al Ing. Hannibal Brito, Dr. Gerardo León e Ing. Rosario Jara por su ayuda y asesoramiento, ya que con sus invalorable conocimientos el presente proyecto no hubiera sido una realidad.

A los funcionarios del Camal Municipal de Riobamba, gracias por su apertura y colaboración para la realización de tema de investigación en beneficio de la comunidad riobambeña y del país.

DEDICATORIA

Dedico todo este trabajo primero a Dios por iluminarme y darme toda la capacidad y tenacidad para realizar bien las cosas, a mis queridos padres María y Julio, que gracias con su apoyo, comprensión y sacrificio me brindaron toda su confianza para llegar a ser un buen profesional, a todos mis hermanos y familiares quienes han sido el ejemplo de superación y enseñanza para enfrentar los retos de la vida profesionalmente y como ser humano.

HOJA DE FIRMAS

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Silvio Álvarez DECANO FAC. CIENCIAS
Ing. Mario Villacres DIRECTOR ESC. ING. QUÍMICA
Ing. Hannibal Brito DIRECTOR DE TESIS
Dr. Gerardo León MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Carlos Rodríguez DIRECTOR CENTRO DOCUMENTACIÓN

“YO, Marco Saúl Moreta Sánchez, soy responsables de las ideas, doctrinas, resultados y propuestas expuestas en el presente trabajo de investigación y el patrimonio intelectual de la Memoria de Grado pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.**

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Δv	Calor latente de vaporización del agua (kcal/kg)
$^{\circ}\text{Bx}$	Grados Brix
A	Área (m)
AACC	Asociación Americana de Químicos Cerealistas
ASME	America Society of Mechanical Engineering
cm	Centímetros
C_p	Capacidad Calorífica (kcal/kg)
$^{\circ}\text{C}$	Grados Celsius
g	Gramos
h	horas
h_i	Entalpia especifica del aire (kJ/ kgC)
h_f	Entalpia final(kcal/kg)
Hf	Poder calorífico superior (KJ / kg ³)
INNEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
kcal	Kilocalorías
kg	Kilogramo
Km/h	Kilómetros por hora

Lb	Libras
m	Metros
mg	Miligramos
mg/kg	Miligramos por kilogramos
mg/L	Miligramos por litro
mL	Mililitros
P	Peso(kg)
Pa	Pascales
ppm	Partes por millón (mg/L)
S	Peso del sólido seco (kg)
To	Temperatura de referencia(°C)
U.I	Unidades internacionales
ve	Volumen específico del aire (m ³ /kJ)
W	Velocidad media de secado(kg/hm ²)
W	Velocidad de secado (kg/hm ²)
Wc	Velocidad de secado constante (kg/hm ²)
Wd	Velocidad de secado decreciente (kg/hm ²)
X	Humedad (kg H ₂ O/ kg solido seco)
x^*	Humedad de equilibrio (kg H ₂ O/ kg sólido seco)

x_c	Humedad crítica (kg H ₂ O/ kg sólido seco)
x_f	Humedad final (kg H ₂ O/ kg sólido seco)
x_i	Humedad inicial (kg H ₂ O/ kg sólido seco)
$x - x^*$	Humedad libre (kg H ₂ O/ kg sólido seco)
θ	Tiempo (h)
θ_a	Tiempo anticrítico (h)
θ_p	Tiempo poscrítico (h)
Δx	Variación de humedad (kg H ₂ O/ kg sólido seco)
$\Delta \theta$	Variación de tiempo

TABLA DE CONTENIDOS

Pp:

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	v
ANTECEDENTES.....	viii
JUSTIFICACIÓN.....	x
OBJETIVOS.....	xii
CAPITULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. CAMAL FRIGORÍFICO.....	1
1.2. LA SANGRE.....	2
1.2.1. Plasma.....	2
1.2.2. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA SANGRE.....	2
1.2.3. Utilización de la Sangre.....	6
1.2.4. Recolección y conservación.....	6
1.2.5. Preparación de alimentos a base de sangre.....	7
1.2.6. HARINA DE SANGRE ANÁLISIS DE MACRO Y MICRO ELEMENTOS EN HARINA DE SANGRE.....	9
1.2.7. Valor Nutritivo de la Sangre.....	9
1.2.8. PROCESOS PARA OBTENCIÓN DE LA SANGRE DE BOVINOS.....	11
1.2.8.1. RECOGIDA.....	11
1.2.8.2. COAGULACIÓN.....	11

1.2.8.3.	DESFIBRINADO.....	12
1.2.8.4.	DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA.....	12
1.3.	SECADO.....	13
1.3.1.	DEFINICIÓN.....	13
1.3.2.	OBJETIVOS DEL SECADO.....	14
1.3.3.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SECADO.....	14
1.3.4.	PRINCIPIOS BÁSICOS.....	14
1.3.5.	PARÁMETROS BÁSICOS DE SECADO.....	15
1.3.6.	FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE SECADO.....	16
1.3.6.1.	TEMPERATURA DEL AIRE.....	16
1.3.6.2.	HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE.....	16
1.3.6.3.	VELOCIDAD DEL AIRE.....	16
1.3.6.4.	CURVAS DE CINÉTICA DE SECADO.....	17
1.3.7.	CURVAS DE RÉGIMEN DE SECADO.....	18
1.3.8.	CLASIFICACIÓN DE LA OPERACIÓN DE SECADO.....	20
1.3.9.	TIPOS DE SECADORES.....	21
1.3.10.	SELECCIÓN DEL SECADOR.....	21
1.3.11.	SECADOR CONTINUO DE TÚNEL.....	22
1.3.12.	ZONAS Y PERFILES DE TEMPERATURAS.....	24
1.3.13.	COMPONENTES PRINCIPALES DEL EQUIPO.....	28
1.3.13.1.	CÁMARA DE SECADO.....	28
1.3.13.1.	FUENTE DE CALOR.....	29
1.3.13.1.	VÁLVULAS DE SEGURIDAD.....	30
1.3.13.2.	TRAMPA DE VAPOR.....	31
1.3.13.3.	VENTILADORES.....	31
1.3.13.4.	MATERIALES AUXILIARES.....	31
1.3.13.5.	CONTROLADOR DE TEMPERATURA.....	31

1.3.13.6. CONTROL PID:.....	32
1.3.13.7. SENSOR DE TEMPERATURAS:.....	32
1.3.13.8. TIPOS DE SENSORES DE TEMPERATURAS:.....	32
1.3.13.9. Termisores:.....	32
1.3.13.10. Termopares.....	33
1.3.13.11. Sensores de temperatura de estado sólido:.....	33
1.3.14. PRUEBAS DE ENSAYO DE SECADO.....	33
1.4. DISEÑO DEL EQUIPO.....	36
1.4.1. CINÉTICA DEL SECADO.....	36
1.4.2. CÁLCULO DE LA LONGITUD DEL SECADERO.....	39
CAPITULO II.....	47
2. PARTE EXPERIMENTAL.....	47
2.1. MUESTREO.....	47
2.2. DIAGNOSTICO.....	47
2.3. MÉTODOS.....	50
2.3.1. INDUCTIVO.....	51
2.3.2. DEDUCTIVO.....	51
2.3.3. EXPERIMENTAL.....	52
2.3.4. DE CAMPO.....	52
2.4. TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE.....	53
2.4.1. DETERMINACIÓN DE CENIZAS.....	54
2.4.2. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y SUSTANCIA SECADO.....	55
2.4.3. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA.....	56
2.4.4. DETERMINACIÓN DE GRASA.....	57
2.5. DATOS EXPERIMENTALES.....	58
2.5.1. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE.....	59

2.5.2.	DATOS PROCESADOS PARA LAS DIFERENTES VARIABLES.....	60
2.5.3.	DATOS PROCESADOS PARA OBTENER EL CAUDAL DE SÓLIDO....	61
2.5.4.1.	DATOS ADICIONALES.....	61
2.5.4.2.	DATOS ADICIONALES (MASA DE AGUA ELIMINADA).....	62
2.6.	DATOS ADICIONALES.....	62
CAPITULO III.....		63
DISEÑO DE UN SECADOR TIPO TÚNEL PARA DESHIDRATACIÓN DE LA HARINA DE SANGRE EN EL CAMAL FRIGORICO DE RIOBAMBA.....		63
3.	GENERALIDADES.....	63
3.1.	CÁLCULOS.....	63
3.1.1.	Cálculo de la velocidad de secado y del tiempo de secado para los diferentes periodos.....	63
3.1.2.	Método de Integración Gráfica.....	64
3.1.2.1.	Cálculo para determinar el área bajo la curva.....	65
3.2.	CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL SECADOR DE TÚNEL (CÁLCULO DE LA LONGITUD).....	68
3.2.1.	BALANCE DE MASA.....	68
3.2.2.	BALANCE DE ENERGÍA.....	69
3.2.2.1.	CALCULO DE LAS ENTALPIAS DEL SOLIDO.....	69
3.2.2.2.	CALCULO DE LAS ENTALPIAS DEL AIRE.....	69
3.2.2.3.	CALCULO DE LA HUMEDAD DE SALIDA DEL AIRE.....	70
3.2.2.4.	CALCULO DE LA ENTALPIA DEL AIRE A LA SALIDA.....	70
3.2.2.5.	CALCULO DE LA CANTIDAD DE CALOR PERDIDO.....	71
3.2.2.6.	CALCULO DE LAS ENTALPIAS DEL SOLIDO ZONA II.....	71
3.2.2.7.	CALCULO DEL NÚMERO DE ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN.....	71
3.2.2.8.	CALCULO DEL NÚMERO DE ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN EN LA ZONA II.....	72
3.2.2.9.	CALCULO DEL CALOR CEDIDO POR EL AIRE.....	72
3.2.2.10.	CALCULO DEL CALOR ABSORBIDO POR EL SOLIDO.....	72

3.2.2.11.	CALCULO DEL CALOR PERDIDO AL EXTERIOR.....	73
3.2.2.12.	CALCULO DEL NÚMERO DE ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN EN LA ZONA.....	73
3.2.2.13.	CÁLCULO DEL NÚMERO DE ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN EN LA ZONA II	74
3.2.2.14.	DISMINUCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL GAS EN ESTA ZONA.....	74
3.2.2.15.	DISMINUCIÓN DE LA TEMPERATURA POR PÉRDIDAS DE CALOR AL EXTERIOR.....	74
3.2.2.16.	DISMINUCIÓN DE TEMPERATURA DEL GAS SI NO EXISTIERAN PÉRDIDAS.....	75
3.2.2.17.	CÁLCULO DE LA ALTURA DEL ELEMENTO DE TRANSMISIÓN PASOS.....	75
3.2.2.18.	CALCULO DEL CALOR SENSIBLE (CS).....	76
3.2.2.19.	CÁLCULO DEL CALOR LATENTE (CL).....	76
3.2.2.20.	CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CALOR NECESARIO PARA CALENTAR LA BASE SECA DEL MATERIAL DESDE 20 C A 65C.....	76
3.2.2.21.	CÁLCULO DEL CALOR TOTAL.....	77
3.2.2.22.	CÁLCULO DEL CALOR QUE DEBE SUMINISTRAR LOS SERPENTINES.....	77
3.2.2.23.	CÁLCULOS ADICIONALES.....	78
3.2.2.24.	CANTIDAD DE AIRE NECESARIO QUE DEBE SUMINISTRAR EL VENTILADOR.....	78
3.2.2.25.	CAUDAL NECESARIO DE AIRE.....	79
3.2.2.26.	VELOCIDAD DE LA BANDA TRANSPORTADORA.....	79
3.2.2.27.	CALCULO DE LA EFICIENCIA DEL EQUIPO.....	80
3.3.	RESULTADOS.....	81
3.3.1.	CURVAS DE HUMEDAD EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.....	82
3.3.2.	CURVAS DE VELOCIDAD EN FUNCIÓN DE LA HUMEDAD.....	84
3.3.3.	PROPUESTA DEL DISEÑO.....	87
3.3.4.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	89

Pp:

CAPITULO IV.....	91
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	91
4.1. CONCLUSIONES.....	91
4.2. RECOMENDACIONES.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Pp.
TABLA No. 1.2.2-1 Composición y Características de la Sangre.....	4
TABLA No. 1.2.2-2 Fracciones de la Sangre.....	4
TABLA No. 1.2.2-3 Componentes del Plasma.....	5
TABLA No. 1.2.2-4 Proteínas y pH del plasma.....	5
TABLA No. 1.2.2-5 Composición del Plasma.....	5
TABLA No. 1.2.2-6 Composición de los glóbulos rojos.....	6
TABLA No. 1.2.6-1 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE	9
TABLA No. 1.2.7-1 VALOR NUTRICIONAL DE LA HARINA DE SANGRE	11
Tabla. 1.2.7 -2. “COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SANGRE DE BOVINOS	11
TABLA No. 1.2.8.4-1 COMPORTAMIENTO DE FAENAMIENTO ACTUAL.....	13
TABLA No. 1.3.9-1 Tipos de Secadores.....	21
TABLA 1.3.14-1 Variable e Indicadores.....	34
TABLA 2.1-1 MUESTREO PARA LA RECOLECCIÓN DE HARINA DE SANGRE	47
TABLA 2.4.2-1 Determinación de humedad de la Harina de Sangre.....	53
TABLA 2.4.3.-1 Determinación de proteína de la harina de sangre.....	54
TABLA 2.4.3-2 Determinación de proteína de la harina de sangre	55
TABLA 2.4.4-1 Determinación de grasa de la Harina de sangre.	56
TABLA No. 2.5.1.-1 Diagnostico Actual de la Harina de Sangre	57
TABLA No. 2.5.2.-1 DATOS PROCESADOS PARA OBTENER LAS DIFERENTES VARIABLES	58
TABLA No. 2.5.3-1 CAUDAL DEL SOLIDO.....	59
TABLA No. 2.5.3-2 MASA DE AGUA ELIMINADA.....	59

TABLA No 2.6-1 DATOS ADICIONALES.....	59
TABLA 3.1.2-1 Humedad x en función de 1/W.....	62
TABLA 3.3.1-1 CURVAS DE HUMEDAD EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.....	79
TABLA 3.3.2-1 RESULTADOS DE LA VELOCIDAD DE SECADO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.....	81
TABLA 3.4.2-2 RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS DEL DISEÑO DEL SECADOR DE TÚNEL.....	84

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO	Pp.
Fig. 1.3.6.4-1 Datos humedad libre en función del tiempo.....	17
Fig. 1.3.7-1 Curva de velocidad de secado en función de la humedad libre.....	19
Fig. 1.3.8-1 Diferentes tipos de humedades	20
Fig. 1.3.11-1 Secador de túnel.....	23
Fig. 1.3.12-1 Representación esquemática de un secador de túnel.....	24
Fig. 1.3.12-2. Perfiles de Temperaturas para un Secador continuo a contracorriente....	26
Fig. 3.1.2-1 Curva de Humedad x en función de $1/W$	63
Fig. 3.1.4.1.1-1 Secador de Túnel.....	66
Fig. 3.2.2.5-1 Distancias y Temperaturas en el Secador.....	69
Fig. 3.2.2.11-1 Diferencias de temperaturas en cada zona.....	71
Fig. 3.3.1-1(a) 1(Curva de Humedad en función del tiempo).....	80
Fig. 3.3.1-2 (b) 1(Curva de Velocidad vs Humedad).....	80
Fig. 3.3.2-1. Curva de $W = f(x)$ a 80 C.....	82
Fig. 3.3.2-2. Curva de $W = f(x)$ a 90 C.....	82
Fig. 3.3.2-3. Curva de $W = f(x)$ a 100 C.....	83
Fig. 3.3.2-4 Comparación de la velocidad de secado en función del tiempo a diferentes temperaturas de secado.....	83

ÍNDICE DE ECUACIONES

ANEXO	Pp.
Ec: 1.4.1-1 Cinética de secado.....	36
Ec: 1.4.1-2 Humedad (en base seca).....	36
Ec: 1.4.1-3 Humedad (base húmeda).....	36
Ec: 1.4.1-4 velocidad periodo constante.....	37
Ec: 1.4.1-5 Velocidad total.....	37
Ec: 1.4.1-6 Cálculo del tiempo de secado.....	38
Ec: 1.4.1-7 tiempo de secado en el período constante.....	38
Ec: 1.4.1-8(a) Tiempo de secado en el período decreciente.....	38
Ec: 1.4.1-9 (b) Tiempo de secado en el período decreciente.....	39
Ec: 1.4.2-Humedad de salida	39
Ec: 1.4.2-2. Humedad del aire a la salida del secadero.....	40
Ec: 1.4.2-3. Humedad del solido a la entrada.....	40
Ec: 1.4.2-4. Entalpia Del aire a la entrada.....	41
Ec: 1.4.2-5. Temperatura del gas.....	41
Ec: 1.4.2-6 (a).Temperatura de salida del aire.....	41
Ec: 1.4.2-6 (b). Temperatura e salida del aire Zona II.....	42
Ec: 1.4.2-7. Número de elementos de transmisión.....	43
Ec: 1.4.2-8. Longitud de la unidad de transmisión.....	43
Ec: 1.4.2-9 Longitud total del secador de túnel.....	43
Ec: 1.4.2-10. Cantidad de calor perdida.....	44
Ec: 1.4.2-11. Calor sensible.....	44
Ec: 1.4.2-12. Calor Latente.....	44
Ec: 1.4.2-13. Calor suministrado de vapor.....	44

Pp:

Ec: 1.4.2-14. Calor para calentar la base seca.....	45
Ec: 1.4.2-15. Calor del sistema.....	45
Ec: 1.4.2-16. Calor de los serpentines.....	45
Ec: 1.4.2-17. Densidad del aire.....	45
Ec: 1.4.2-18. Caudal del aire.....	46
Ec: 1.4.2-29. Velocidad banda transportadora.....	46

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	Pp.
1. RESULTADO DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE.....	96
2. RESULTADO DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE (DESPUÉS DE 10 MIN DE SECADO)	97
3. RESULTADO DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE (DESPUÉS DE 20 MIN)	98
4. RESULTADO DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE REALIZADO EN EL SECADOR DE BANDEJAS (30 min).....	99
5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE (40 MIN)	100
6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE HARINA DE SANGRE (50 MIN)......	101
7. RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE(60 MIN)......	102
8. RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE (70 MIN).....	103
9. RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE (80 MIN).....	104
10. DIAGRAMA PSICOMÉTRICO.....	105
11. CARTA PSICOMÉTRICA PARA LA CUIDAD DE AMBATO.....	106
12. PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA Y DEL VAPOR DE AGUA A 1 ATM	107
13. PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA HARINA DE SANGRE EN EL CAMAL FRIGORÍFICO DE RIOBAMBA.....	108
14. RECEPCIÓN DE MUESTRAS Y PRODUCTO TERMINADO.....	109
15. DIAGRAMA DEL EQUIPO.....	110

RESUMEN

El Diseño de un Secador tipo Túnel para El Deshidratación de Harina de Sangre en el Camal Frigorífico de Riobamba,

Se realizó utilizando el método inductivo mediante toma de muestras, posteriormente fueron analizadas en el laboratorio, se tabularon los datos y se procedió a realizar su dimensionamiento a través de cálculos de ingeniería ya sea en base a pruebas realizadas tanto en el laboratorio de Química Industrial de la ESPOCH como también utilizando métodos de campo como la numeración de reces a ser faenadas realizadas en el camal.

Básicamente se basa en un diseño del equipo cuya estructura sea rectangular de 2 metros de largo y 0,50 m de ancho y altura la banda transportadora de 4 m de longitud, además de tolvas de alimentación del producto, ventiladores, sensores digitales para controlar la temperatura y presión del equipo, dentro de las características en sí constaría de una capacidad de carga de 0,167 kg/h, a base de los resultados de los cálculos expuestos en la investigación se alimentaría al equipo a base de vapor a suministrar en los serpentines de cobre de 0,06 kg /h, a una presión dada por el manómetro del caldero de 14,3 PSI.

Concluyendo el secado de Harina de Sangre se realiza en un tiempo total de 1,333 horas con una humedad inicial de 39,34 % y llegando a su humedad final de 11,47 % dándonos una eficiencia del 86 %.

Recomendando que el diseño de este equipo prevea de un producto que mejore su calidad y grado de asepsia al momento de su venta al consumidor.

ABSTRACT

DESING OF A DRYER TYPE TUNNEL FOR THE DEHYDRATION OF THE BLOOD FLOUR IN THE REFRIGERATING CHANNEL OF RIOBAMBA

This study allows increasing the quality of blood that occurs in the slaughterhouse.

The lack of a preliminary research for the development of a dryer to optimize the quality of blood meal in the slaughterhouse makes this application possible, identifying the blood flour production process and making the desing of the dryer type tunnel.

This desing was carried out using the inductive method by means of capture of samples, later they were analyzed in the laboratory; the information was tabulated and was made its sizing through engineering calculation either on the basis of tests carried out both in the laboratory of industrial Chemistry of ESPOCH as also using field methods such as the numbering of bovines to be dressing in the slaughterhouse.

Basically it is based on a desing of the team whose structure is rectangular of 2 meters long and 0,50 m wide and height of the conveyor belt 4 m long, in addition to hoppers of the product, fans, digital sensors to control the temperature and pressure of the team, inside the characteristics in themselves it would consist of a capacity of 0,167 kg load / h, by means of the results of the calculations exhibited in the investigation the team

would be fed by means of steam supplied in coils of copper of 0,06 kg / h, to a pressure given by the manometer of the boiler of 14,3 PSI.

In conclusion, the drying of blood meal is performed in a total time of 1,333 hours with initial moisture of 39,34 % and reaching its final moisture content of 11,47 per cent giving an efficiency of 86 %.

It is recommended that the desing of this equipment provide a product that improves its quality and degree of asepsis at the time of sale to the consumer.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en el país la sangre proveniente de los animales, la misma que se considera como desecho agroindustrial y en la mayoría de los casos es enviada hacia los canales de alcantarillado o a los ríos aledaños sin ningún tratamiento previo. Por ende la sangre desechada ocasiona problemas de contaminación ambiental, desbalance ecológico y proliferación de plagas debido a que el 20% de estos desechos son sustancias sólidas, de las cuales el 80% son proteínas y el resto agua, de ahí la necesidad de reducir este foco de contaminación.

La elaboración de este proyecto plantea una alternativa que, además de existir una planta de deshidratación de sangre de bovinos, con la que se elimina este foco de contaminación en el Camal Municipal de Riobamba, es de proporcionar una harina de sangre con las más exigencias normas de calidad ya sea con un alto porcentaje de proteínas como la de asepsia en el área microbiológica, es decir, la necesidad de dotar al camal un sistema de secado en base a un Secador tipo Túnel óptimo para obtener este tipo de resultados, además de proporcionar a la harina de sangre un alto grado proteico y con una humedad deseable, entregando un producto lo menos contaminado con el ambiente y con poca flora microbiana que afectan la calidad de la harina.

Por eso la harina de sangre tendrá que pasar por un proceso de secado que es una de las aplicaciones energéticas más antiguas y que en la actualidad tienen vigencia por la aplicación de varios criterios entre los que se destacan el uso de métodos, sistemas y tecnologías modernas de la teoría de secado, el uso racional y óptimo de energía para su realización, por la importancia del conocimiento y las transformaciones que se producen

durante el proceso y también por el control de calidad del producto final obtenido, en tal virtud el proceso de secado tiene un extraordinario valor en la economía de una empresa industrial y en general de un País.

Como materia prima que se utilizó para este estudio de investigación es la sangre de bovinos que se genera por el Camal Municipal de Riobamba, la misma que se dispone con facilidad y sin costo alguno luego del faenamiento del ganado. Desde allí el Punto de partida sobre el cual se realizó el diseño de un deshidratador para la harina sangre de bovinos.

La sangre a más de su valor alimenticio que le da la riqueza proteica que posee, tiene especial interés por sus propiedades ya que se presta para la producción de varios subproductos alimenticios complementarios para balanceados para aves, piscicultores y abonos orgánicos . Por lo que, es necesario realizar una caracterización físico-química y microbiológica de la sangre de bovinos.

La importancia de este trabajo de investigación es la calidad de materia resultante, por eso el sistema de secado apropiado para deshidratar la sangre u otro material debe contener el conocimiento teórico técnico que oriente a realizar el dimensionamiento del deshidratador a pequeña escala, que permitirá disminuir el porcentaje de humedad inicial desde 75-81 % hasta un rango de humedad final del 8 al 12 % óptimos para una harina de calidad.

Este trabajo es el resultado de una investigación y recopilación de datos que pretenden dar solución al problema que presenta el proceso de la deshidratación de la sangre en la manufactura de la harina de sangre que realiza el Camal Municipal.

Es importante considerar que este estudio ha permitido desarrollar y fortalecer la destreza para diseñar y construir un deshidratador en forma práctica, estar en la capacidad de establecer las condiciones operativas óptimas de proceso, y predecir los resultados mediante el cálculo y la interpretación de indicadores del proceso de secado involucrando a las variables tiempo, temperatura y humedad que forman parte del sistema.

Con este estudio de diseño y en base a los cálculos de ingeniería se podrá obtener una eficiencia en sí del equipo en un 86 %, además de mejorar la asepsia de la materia prima brindando al consumidor un producto de alta calidad.

ANTECEDENTES

La presente investigación se la realizó en el Camal Frigorífico Municipal de la ciudad de Riobamba que se encuentra ubicado entre las calles Av. Leopoldo Freire y Circunvalación, provincia de Chimborazo, a una altura de 2.740 m. s. n. m. con una latitud de 01 ° 38' S y una longitud de 78° 40' W. Hace treinta años, el Camal Municipal trabaja ininterrumpidamente en beneficio de la colectividad, favoreciendo a 300 familias que están vinculadas directa e indirectamente a los diferentes procesos, como: comerciantes formales e informales, faenadores, estibadores, transportistas de carne y semovientes locales e intercantonales, expendedores de alimentos preparados, tercenistas, entre otros. Empleados y a parte de la planta industrial posee una amplia línea de distribución con almacenes en las principales ciudades del País.

Este Departamento, respetando todas las normas de higiene y salubridad, ofrece a la ciudadanía servicios de recepción de animales de corral en reposo, custodio de animales hasta el faenamiento, labores de faenamiento propiamente dichas, inspección sanitaria ante y post mortem, en líneas de bovinos, ovinos y porcinos que abastecen al mercado local, intercantonal e interprovincial.

Complementariamente, a partir del 2004 está en funcionamiento la fábrica de subproductos, en donde se elabora la harina de sangre. El desarrollo de este proceso, lejos de perseguir réditos económicos, tiene por objetivo principal reducir la contaminación ambiental. Estas tareas se cumplen de forma ordenada, disciplinada y apegadas a las normas técnicas recomendadas para estos fines.

Debido a que en la fábrica el producto final no cuenta con la humedad requerida y además de la calidad en el aspecto proteico del producto ya sea por la contaminación y oxidación con que sufre la harina al momento de descargarla en el piso de cemento para su aireación, además por la pudrición

Varios estudios realizados acerca de rendimientos óptimos de la harina como el Diseño y Construcción de un Deshidratador (Equipo Piloto) para Sangre de Bovinos realizado por la Ing. Jara Rosario en el año 2004 y además de la Optimización de la Fabricación de la Harina de Sangre Producida en el Camal Municipal Riobamba por Auncancela Fanny en el año 2005, han hecho posible obtener datos de variables proximales en la obtención de la harina, sin embargo, el aumento en la demanda del producto, controles rigurosos en el área ambiental y en especial de la calidad de la harina han hecho que se realice un estudio de secado optimo e ideal para mejorar el rendimiento del producto a ofrecer a la sociedad.

En la Planta de Producción de harina de Sangre por su riqueza proteica tiene especial interés por sus propiedades ya que es utilizada para la producción de varios subproductos alimenticios complementarios para balanceados o abonos orgánicos, los cuales han ganado una gran aceptabilidad dentro del mercado Ecuatoriano, lo que ha permitido buscar nuevas alternativas de mejoras de estos productos, ajustar sus procesos de producción a un menor costo para ser más competitivos dentro del mercado de nuestro país.

JUSTIFICACIÓN

La fábrica de Harina de Sangre tiene una producción semanal de 1638 kg, con dos personas que laboran 12-13 horas los días martes, viernes y sábado, debido a los rigurosos controles sobre el medio ambiente y en especial a la calidad del producto y solucionar problemas en base a la humedad, putrefacción, contaminación y aparecimiento de mohos y pérdida de peso durante los días de almacenamiento del producto final, existe problemas con la calidad del producto y su insuficiencia proteica que son motivo de investigación del presente trabajo, entre los principales que causan mayor efecto económico encontramos el proceso de secado , tiempos de producción, reclamos de los clientes por disminución de peso y presencia de mohos por pudrición en el producto, diferencia de rendimientos, disminución de la capacidad de operación de las máquinas, entre otras. Así como también, es necesario el diseño de un secador tipo túnel para la harina de sangre mejorando en características físicas – químicas del producto, además de un almacenaje directo en las lonas evitando su oxidación con el aire y reduciendo la emisión de malos olores y aparecimiento de mohos y coliformes del producto.

Al mejorar el proceso de secado, permite a la fábrica buscar nuevas alternativas en los productos, ajustando las variables como temperatura, tiempo y presión óptimas para entregar un producto de calidad además de incrementar su volumen de producción con el menor costo a su vez proporcionando harina que cumpla con los requerimientos físicos –químicos para fabricar balanceados y abonos.

Como profesionales y entes productivos en el área industrial y más aún en campo alimenticio, los conocimientos claves acerca de los procesos físicos de secado, control de variables, humedad, entre otras, se ha visto la necesidad de la realización del presente estudio de investigación con la finalidad de realizar un diseño de un secador para la harina de sangre que cumpla con las especificaciones técnicas óptimas para el secado y basándose en juicios adquiridos como Ingenieros Químicos en el dimensionamiento y construcción de equipos.

Es importante considerar que este estudio ha permitido desarrollar y fortalecer la destreza para diseñar un secador en forma práctica, estar en la capacidad de establecer las condiciones operativas óptimas de proceso, y predecir los resultados mediante el cálculo y la interpretación de indicadores del proceso de secado involucrando a las variables tiempo, temperatura y humedad que forman parte del sistema

OBJETIVOS

❖ GENERAL

“Realizar el diseño de un secador tipo túnel para la deshidratación de la harina de sangre en el camal frigorífico de Riobamba”

❖ ESPECÍFICOS

- Identificar el Proceso de Fabricación de la Harina de Sangre.
- Efectuar el diagnóstico de la situación actual del proceso de secado en la Fábrica de Harina de Sangre.
- Identificar las variables óptimas de operación del proceso.
- Realizar el diseño de un secador ideal para obtener harina de sangre con los parámetros de humedad correctos.
- Determinar las calidad de la harina de sangre para fabricar balanceados y abono.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. CAMAL FRIGORÍFICO.

“En el Ecuador existen sectores pecuarios con un alto potencial para generar alimentos para los animales a partir de sus desechos de producción y/o procesamiento: el sector avícola, la industria cárnica y la industria láctea.

La utilización de desechos animales como materia prima para la elaboración de alimentos animales en nuestro país se ve limitada por factores básicos como la falta de tecnología para el tratamiento de subproductos y la inexistencia de políticas de control ambiental para camales y mataderos.

De otra parte, se observa con preocupación que la industria cárnica se ha convertido en uno de los principales contaminantes del ambiente, como resultado de la descarga indiscriminada de sus efluentes sobre las corrientes naturales de agua. Lo anteriormente dicho, ha podido ser evidenciado, por organismos internacionales como la FAO, en misiones de diagnóstico de la problemática del sub-sector cárnico, realizadas en varios países de América Latina.

Los residuos y desechos provenientes de los camales y mataderos del país no se han desarrollado tecnológicamente a gran escala, por lo que varios de estos se convierten en una fuente de contaminación para el medio ambiente, siendo éstas clasificadas dentro de las empresas que presentan altos índices de contaminación, derivado especialmente

este fenómeno, por una mala utilización de residuos y desechos tanto sólidos como líquidos, que en estos lugares se generan.

Sin embargo en la desde hace 20 años atrás en el Ecuador ya se está implementando tratamientos tecnológicos e industriales para tratar a este tipo de residuos especialmente a la descarga de sangre de varios camales existentes en el país. Uno de los pioneros en implementar tecnología para estos desechos es el Camal Frigorífico Municipal de la ciudad de Riobamba, con su planta deshidratadora de harina de sangre en el año 2004, actualmente se sigue produciendo harina de sangre pero no con un alto grado proteico y humedad deseada por los industriales, pero en su mayoría sirve para la elaboración de abonos orgánicos que se expenden especialmente a las empresas florícolas de la provincia de Cotopaxi. Otra innovación fue la del biodigestor (aparato que permite deshidratar la sangre para convertirla en harina) que el Camal Metropolitano de la ciudad de Quito adquirió en julio del 2007, puesta en funcionamiento y de esta manera se elabora balanceados que sirven de alimento para animales y abonos orgánicos para el enriquecimiento de suelos. Por último una de las industria que ha puesto mayor tecnología para elaborar harina de sangre de calidad con numerosos controles tanto de calidad como asepsia del producto es la empresa AGROPESA, que es parte de la Corporación La Favorita, desde el 2009 vende abonos orgánicos sólido y líquido, con la certificación Internacional Bioagrocet y cuenta con un sistema de tratamiento biológico de aguas residuales. Esta planta, que opera a unos kilómetros de Santo Domingo de los Tsáchilas, es una de las mejores de América Latina, no solo por la calidad de sus productos, sino por la sincronización de sus procesos.

1.2. LA SANGRE.

La sangre comprende glóbulos rojos y blancos, una parte líquida sin células, el plasma. Muchos biólogos incluyen la sangre en los tejidos conectivos porque se origina de células similares. La sangre tiene dos partes, una llamada plasma y otra elementos figurados (se llama así porque tiene forma tridimensional: glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas; estos últimos son fragmentos de células).

Es de tonalidad rojo oscuro tiene consistencia elástica de tipo pastosa y en la superficie presenta un líquido cetrino (suero), es mezcla de sangre arterial y venosa, se coagula al poco tiempo formando una especie de torta, esta se obtiene durante el degüello bien hecho del animal. La sangre es un producto que por su consistencia líquida, se altera con mucha facilidad; cuenta con un corto plazo de vida industrial, se denuncia por el olor agrio y fluidez del coágulo; más avanzada, por la presencia de colonias mohosas, cuando la sangre presenta signos de alteración, se impone el decomiso total, por ser impropia para el consumo”¹

1.2.1. Plasma

“La sangre aparece como un líquido rojo, homogéneo, al fluir de una herida, se compone en realidad de un líquido amarillento llamado plasma en el cual flotan los elementos figurados: glóbulos rojos, los cuales dan su color a la sangre, glóbulos blancos y plaquetas. Estas últimas son pequeños fragmentos celulares, convenientes para desencadenar el proceso de coagulación, los cuales derivan las células de mayor tamaño de la médula ósea.

¹ AUCANCELA, F. 2005. Optimización de la fabricación de la harina de sangre producida en el Camal Frigorífico Municipal Riobamba. Tesis Doctorado en Química. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Facultad de Ciencias. Pp. 17, 18, 20.

El plasma es una mezcla compleja de proteínas , aminoácidos , hidratos de carbono , lípidos, sales, hormonas, enzimas, anticuerpos y gases en disolución. El plasma es ligeramente alcalino, con un pH de 7,4. Los principales componentes son el agua (el 90-92%) y las proteínas (7-8 %). El plasma contiene varias clases de proteínas, cada una con sus funciones y propiedades específicas: fibrinógeno, globulinas alfa, beta y gama, albúminas y lipoproteínas. El fibrinógeno es una de las proteínas destiladas al proceso de coagulación ; la albúmina y las globulinas regulan el contenido de agua dentro de la célula y en los líquidos intercelulares.

Por consiguiente la sangre es el primer subproducto que se obtiene durante el sacrificio y es el más importante entre aquellos que generalmente se desechan o se subutilizan, como estómagos y pulmones, ya que representa alrededor de un 60 % del potencial de producción de proteínas de este grupo de subproductos y tiene un contenido de hierro de 400 a 500 mg/lt. Por cada animal pueden recogerse de 10 a 12 L en las reses y 2,5 en los cerdos.

La sangre se obtiene con el sangrado del animal en posición vertical cuando se cortan los grandes vasos en el cuello. Para recoger la mayor cantidad de sangre, el tiempo de sangrado no debe ser menor de 60 s. en las reses y de 30 s. en los cerdos y se tratará, además, de reducir todo lo posible el intervalo entre el aturdimiento y la puñalada.

1.2.2. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA SANGRE

“El principio y para propósitos técnicos, podemos decir que se compone de:

TABLA No. 1.2.2-1
Composición y Características de la Sangre

Humedad	80%
Sustancias sólidas	20%

Fuente: MADRID, A. 1999. Aprovechamiento de los subproductos cárnicos.

A la hora de obtener harina de sangre, la composición arriba dada es eficiente para hacernos una idea de la cantidad de agua que hay que evaporar hasta obtener un producto final con un 8-10 por 100 de humedad. Si profundizamos más en ese 20 por 100 de sustancias sólidas, veremos que se compone de diversas fracciones:

TABLA No. 1.2.2-2
Fracciones de la Sangre

Glóbulos sanguíneos	12%
Albúmina.	6,1%
Fibrina	0,5%
Grasa	0,2%
Extractos de otras sustancias	0,03%
Cenizas	0,9%

Fuente: MADRID, A. 1999. Aprovechamiento de los subproductos cárnicos.

La sangre tiene aproximadamente una densidad de 1,05 Kg/dm³. Si separamos la misma en sus dos principales componentes (plasma y glóbulos rojos), cada uno de éstos tiene a su vez la siguiente densidad:

TABLA No. 1.2.2-3
Componentes del Plasma

Densidad del plasma	1,03 kg/dm ³ (aproximadamente)
Densidad de los glóbulos rojos	1,09 kg/dm ³ (aproximadamente)

Fuente: MADRID, A. 1999. Aprovechamiento de los subproductos cárnicos.

Respecto a la densidad de la sangre, podemos decir lo mismo que respecto a su composición, es decir los valores arriba dados son valores medios. En el caso de la sangre de oveja la densidad es de

aproximadamente 1,06 Kg/dm³, mientras que en el caso de la de cerdo es de 1,04 kg/dm³. Posteriormente, veremos que la harina obtenida a partir de la sangre es muy rica en proteínas. Ello es debido a que tanto el plasma como los corpúsculos rojos tienen un elevado contenido en proteínas.

TABLA No. 1.2.2-4
Proteínas y pH del plasma

• El 80 por 100 de los sólidos contenidos en el plasma son proteínas,
• El 98 por 100 de los sólidos contenidos en los glóbulos rojos son proteínas.
• Valor del pH de la sangre cruda: 7,2.
• Valor del pH de la sangre cruda a las 24 horas de haber sido recogida: 7,5.

Fuente: MADRID, A. 1999. Aprovechamiento de los subproductos cárnicos.

TABLA No.1.2.2-5
Composición del Plasma

Humedad	91%
Proteínas	7-8%
Otras sustancias sólidas	1-2%

Fuente: MADRID, A. 1999. Aprovechamiento de los subproductos cárnicos.

TABLA No. 1 .2.2-6
Composición de los glóbulos rojos.

Humedad	62%
Proteínas	34-38%
Otras sustancias sólidas	1-3%” ²

Fuente: MADRID, A. 1999. Aprovechamiento de los subproductos cárnicos.

1.2.3. Utilización de la Sangre

“Es el subproducto del matadero. La cantidad que se obtiene es igual a 7 o 9 % del peso vivo del animal. La recolección y utilización de la sangre ayuda a la reducción de la contaminación de la carne y de los alrededores del matadero. La sangre se utiliza para la alimentación humana; para la producción industrial de albúmina y de suero, como alimento para animales y como fertilizante.

1.2.4. Recolección y conservación

²MADRID, A. 1999. Aprovechamiento de los subproductos cárnicos. 1a ed. Madrid, España. edit. Acribia, pp. 35 – 43.

La sangre debe ser de animales aprobados por el control sanitario, recogida en condiciones higiénicas y desfibrinada. Además, puede ser utilizada entre 2 y hasta 3 días después del sacrificio. Para su uso industrial y humano es oportuno conservarla en estado líquido. Por esto, la sangre debe ser desfibrinada. Este proceso consiste en batir la sangre, durante la sangría, mediante cucharas o agitadores mecánicos.

La fibrina que se adhiera al instrumento en forma de filamentos rojos se seca para su uso como alimento de aves o para su uso en la fabricación de pectina o lecitina. La coagulación se puede evitar con la adición de una solución anticoagulante al recipiente vacío. Así, se puede conservar la sangre durante dos y hasta tres días. En forma congelada, se puede conservar la sangre por mucho más tiempo

1.2.5. Preparación de alimentos a base de sangre

Para la alimentación humana y para fines industriales se utiliza solamente una pequeña parte de la sangre. El exceso se usa para la producción de alimentos para animales, principalmente en forma de harina. El principio de la preparación de la harina consiste en eliminar la mayor cantidad de agua, ya sea por medio de secado o de una mezcla con productos absorbentes.”³

1.2.6. HARINA DE SANGRE

“Las harinas proteicas de origen animal se producen a partir del material sólido que queda después de la deshidratación y la remoción de grasa de las asaduras de los rastros y empacadoras. Las principales harinas proteicas de origen animal incluyen, pero no se limitan a Harina de carne y hueso, Harina de carne, Harina de sangre, Harina de ave, Harina de pluma hidrolizada y mezclas proteicas especializadas.

Los principales beneficios en su utilización los podemos ver en la alta concentración de aminoácidos de buena calidad a bajo costo, perfil balanceado de aminoácidos. Por los

³ VENEGAS, O. 1995. Procesamiento de subproductos animales comestibles. Sn. st. Roma, Italia. p 23.

niveles de grasa, se pueden considerar una buena fuente de energía, ácidos grasos esenciales, vitaminas y otros nutrimentos, como son fósforo disponible, calcio y minerales traza.⁴

“La harina de sangre es un subproducto de la industria de carnes, obtenida por la desecación de la sangre con un rendimiento de 2,8 Kg. por animal sacrificado, esta harina se caracteriza por el alto contenido de proteína, la cual es de baja degradación ruminal. La harina de sangre es un alimento proteico valioso, así como también puede ser de baja calidad dependiendo del procesamiento por el cual se obtenga, sobre todo la temperatura. Cuando se obtiene con bajas temperaturas contiene alto grado de proteína no degradable en el rumen y buena degradación intestinal.

En escala semicomercial, la harina de sangre se fabrica coagulando la sangre al vapor, o hirviéndola durante 20 minutos, recogiendo luego el coagulado para secarlo y molerlo. Hay que tomar precauciones para no dejar que la temperatura exceda de 120 C en cualquiera de las fases del proceso, ya que, de lo contrario, la harina tendrá calidad inferior. Con cantidades más pequeñas de sangre, ésta se recoge en grandes vasijas y se hierve a fuego vivo, hasta que se coagule y el agua se haya evaporado. La sangre debe hervir muy despacio y agitarse continuamente. Seguidamente, la harina de sangre puede esparcirse sobre un piso de hormigón, en un cobertizo bien ventilado, para enfriarla y secarla por completo.

La sangre cruda puede conservarse una semana añadiendo 0,7% de ácido fórmico o de ácido sulfúrico. Cuando a la sangre tratada con ácido sulfúrico se le añade 0,5% de metabisulfito de potasio, puede conservarse durante algunos meses antes de suministrarla a los animales.

⁴ <http://www.edicionestecnicasreunidas.com>. (1999),

Las calidades de conservación de la harina de sangre son buenas únicamente cuando la humedad es de 10-12% aproximadamente. Cuando el contenido de humedad es menor, la sangre se recalienta y coagula, e incluso fermenta, durante el almacenamiento; si es muy superior, la falta de humedad produce una harina de sangre negra, debido a que el color rojo se destruye.⁵

“El análisis bromatológico de la harina de sangre (**TABLA 1.2.6 -1**) nos servirá para poder hacer la medición de la dieta de los animales, de acuerdo con sus regímenes alimenticios específicos.

TABLA No. 1.2 6-1
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE

MS (%)	PB (%)	FB (%)	Cen. (%)	EE (%)	ELN (%)	Ca (%)	P (%)
89,5	88,5	0,4	6,0	1,2	3,9	0,28	0,28

Fuente: <http://www.fao.org>. (2005).

TABLA No. 1.2.6-2
ANÁLISIS DE MACRO Y MICRO ELEMENTOS EN HARINA DE SANGRE

Calcio (%)	Hierro (%)	Magnesio (%)	Fósforo (%)	Azufre (%)	Manganeso mg/kg	Cobre mg/kg
0.28	0.38	0.22	0.22	0.38	5.29	9.9

Fuente: www.fao.org. (2002).⁶

1.2.7. Valor Nutritivo de la Sangre

“La sangre se compone de un 80% de agua y un 20% de sólidos, de los cuales, la gran mayoría son proteínas. Todos sabemos el papel que éstas juegan en el desarrollo de los organismos:

- Son los constituyentes de los principales tejidos.

⁵ <http://www.azoosubol.galeon.com>. (2004)

⁶ <http://www.fao.org>. (2005),

- Como término medio, podemos decir, que de cada 1.000 gramos de sangre, 185 son de proteínas. Por ello, al secarla hasta dejarla con un 8-10% de humedad, resulta que el contenido en proteínas es del orden del 75-85%.
- Otras de las ventajas de la harina de sangre, es su alto coeficiente de digestibilidad (99 por 100) que, si lo comparamos con el de la harina de pescado (96-97%), harina de carne y huesos (87-89%) o con la harina de plumas (53-55%), veremos que es el más alto.
- La harina de sangre es muy rica en uno de los aminoácidos más importantes para el desarrollo humano y animal: la lisina. Este aminoácido suele ser un factor limitante en el crecimiento de muchos seres vivos y su contenido en los cereales (que constituyen el grueso de la alimentación del ganado) es bajo. Por ello, suplementar la dieta del animal con un pequeño porcentaje de carne de sangre es interesante desde el punto de vista del valor nutritivo agregado.
- Para resaltar más aún la importancia de la sangre como alimento, podemos decir que se obtiene la misma cantidad de proteínas de un kg de ella, que de un kg de carne. El mismo autor nos dice que la harina obtenida a partir de la sangre es muy rica en proteínas. Ello es debido a que tanto el plasma como los corpúsculos rojos tienen un elevado contenido en proteínas.
- El 80% de los sólidos contenidos en el plasma son proteínas,
- El 98% de los sólidos contenidos en los glóbulos rojos son proteínas.⁷

⁷ MADRID, A. 1999. Aprovechamiento de los subproductos cárnicos. 1a ed. Madrid, España. edit. Acribia, pp. 35 – 43.

“Cuando la sangre se somete a altas temperaturas, por largos periodos de tiempo, las proteínas se queman y la harina resultante es de baja calidad. Como referencia del valor nutricional de una harina de buena calidad, hacemos referencia al **TABLA No.1.2.7-1**, del valor nutricional de la harina de sangre. Mientras que en el **TABLA No.1.2.7-2**, la página www.engormix.com (2006), nos indica el uso de la sangre que es destinada para consumo animal.

TABLA No.1.2.7-1
VALOR NUTRICIONAL DE LA HARINA DE SANGRE

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE
Alto contenido en proteína	(84 a 88 %)
Altos niveles de lisina	(5 a 7.5 %) (84 a 88 %)
Treonina	(3 a 4.5 %)
Arginina	(2 a 4%)
Alto nivel de leucina	(7.5 a 11 %)
Bajo nivel de isoleucina	(1 a 2.5 %)
Valina	(5 a 7 %)

Fuente: <http://chasque.apc.org> (2003).

Tabla. 1.2.7 -2.
“COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SANGRE DE BOVINOS

MATERIA ORGÁNICA	HUMEDAD %	PROTEÍNA %	GRASA %	FIBRA BRUTA %	CENIZA %
Sangre fresca	78.30	87.50	2.01	0.00	5.99
Sangre seca	8.00	87.80	2.50	0.56	3.90

Fuente.- Folleto divulgativo del centro de investigación y desarrollo Ecuador y resultado del análisis bromatológico de la facultad de Nutrición y Dietética- ESPOCH⁸

⁸ Composición química de la sangre de bovinos: <http://chasque.apc.org> (2003).

1.2.8. PROCESOS PARA OBTENCIÓN DE LA SANGRE DE BOVINOS.

1.2.8.1. RECOGIDA

“La sangre ha de recogerse inmediatamente que el matarife secciona los vasos, cualquiera que sea el destino ulterior de este producto, debe tener la más estricta higiene posible, según el empleo industrial reclama un tratamiento previo en el momento que se recoge de la sangreras, en la práctica se aplica el método de coagulación o desfibrinado según se haya de trabajar con sangre sólida o líquida.

1.2.8.2. COAGULACIÓN

Es la coagulación o cuajo de la sangre espontáneamente en presencia del aire a los pocos minutos de salir del cuerpo animal, para acelerar la coagulación se utiliza varios productos químicos y el calor.

1.2.8.3. DESFIBRINADO

Es el desfibrinado mecánico de la sangre que se lo realiza con la ayuda de un agitador, que en el caso más sencillo es un palo, que se lo mueve con fuerza sea uno u otro sentido, existen también los batidores de madera que remueven con mayor intensidad la masa de sangre.

1.2.8.4. DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA

Del abastecimiento de materia prima el responsable es el Camal Frigorífico Municipal que es el dueño de la materia prima para la producción de harina de sangre, por lo que para el dimensionamiento del deshidratador es necesario conocer la disponibilidad de la materia prima (sangre), para ello en el siguiente cuadro detallamos la producción, días laborables, el nivel de rendimiento por animal, los promedios semanales, mensuales y anuales que en si determinan el comportamiento de faenamiento actual. A estos datos de abastecimiento de sangre de bovinos se debe considerar un coeficiente de desperdicio en

la toma de la materia prima que es el 10% que se elimina por el contenido de adrenalina.”⁹

TABLA No. 1.2.8.4-1
COMPORTAMIENTO DE FAENAMIENTO ACTUAL

Días de faenamiento	Horario(h)	Ganado faenando(#reces)	Rendimiento por animal (%)	Disponibilidad sangre (L.)
Lunes	13h30-16h30	80	8.5	680
Martes	10h00-12h30	58	8.5	493
Miércoles	-	-	-	-
Jueves	13h30-16-30	90	8.5	765
Viernes	10h00-13h00	155	8.5	1.317,5
	14h00-16h30			
Sábado	10h00-13h00	155	8.5	1.317,5
	14h00-16h30			
Disponibilidad semanal				4.573
Disponibilidad mensual				18.292
Disponibilidad anual				219.504

Fuente: JARA, R. y OROZCO, F. Diseño y Construcción de un Deshidratador (Equipo piloto) para sangre de Bovinos

1.3. SECADO

1.3.1. DEFINICIÓN.

“El secado es un proceso de transferencia de calor y masa mediante el cual se hace pasar un producto desde un estado inicial húmedo a otro final menos húmedo. Lo que implica la extracción del líquido que acompaña a la materia, este líquido suele ser agua natural o mezclada, pero puede tratarse de otro tipo de disolvente de tipo orgánico o inorgánico. El secado se utiliza bajo determinadas condiciones de temperatura, humedad, velocidad y tiempo de secado debidamente controlados; en donde el aire es el medio más utilizado y económico para efectuar el secado, el mejor aprovechamiento de este nos permite

⁹ JARA, R. y OROZCO, F. Diseño y Construcción de un Deshidratador (Equipo piloto) para sangre de Bovinos. Tesis. Ing. Químico. Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias, 2004

llevar a cabo una desecación industrial en un tiempo mínimo con buenos resultados y la mejor economía posible.

Al secado se lo considera como una operación energética elemental y especialmente como una de las operaciones térmicas básicas con la industria; luego, el secado está considerado como una operación básica industrial.

1.3.2. OBJETIVOS DEL SECADO

Los principales objetivos que se persiguen en las operaciones de secado son:

- Facilitar un proceso industrial posterior.
- Reducir costos (energía, transporte).
- Permitir la utilización adecuada, final o intermedia de un producto.
- Permitir la conservación, almacenamiento, transporte de un producto.
- Mejorar el rendimiento de una instalación o equipo.
- Permitir el posterior aprovechamiento de subproductos.

1.3.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SECADO

Ventajas

- La desecación reduce grandemente el peso de los productos en general
- Facilita la manipulación para realizar otros procedimientos posteriores a la desecación y economiza los gastos de transporte y almacenamiento.
- Aumenta el período de conservación de los productos.
- Incrementa el valor y la utilidad de los desperdicios y subproductos obtenidos

Desventajas

- El producto desecado no presenta las mismas características iniciales de un producto fresco.

- Degradación de las propiedades físicas y químicas originadas por las pérdidas de humedad en los productos.

1.3.4. PRINCIPIOS BÁSICOS

El proceso de secado se ajusta a principios básicos y depende de factores o condiciones fundamentales, que incluyen necesariamente implicaciones energéticas de importancia.

Dentro de estos aspectos se enumeran:

- Propiedades del producto a desecar como condiciones del proceso de secado.
- Mecanismos de transferencia de calor, transporte de masa y circulación interna.
- Períodos y duración de secado

Las características de los productos a secar que deben tenerse en cuenta son:

- El tamaño, forma y el peso de los productos a desecar
- El contenido total de humedad del producto
- La humedad residual hasta la que debe llevarse a cabo la desecación
- Cantidad de humedad a eliminar por unidad de tiempo
- Temperatura crítica que puede soportar el producto sin alterarse
- La temperatura máxima de los gases a la entrada del secador

1.3.5. PARÁMETROS BÁSICOS DE SECADO

Entre los parámetros básicos del secado se anotan aquellos conceptos y leyes más importantes que tienen relación con el proceso, a saber:

- Humedad del aire.
- Entalpía del aire.
- Densidad del aire húmedo.
- Volumen específico del aire húmedo.
- Temperaturas: de bulbo seco, húmedo y rocío.

- Humedad del producto: inicial y final.
- Cantidad de humedad eliminada.
- Variación de humedad diaria.”¹⁰

1.3.6. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE SECADO

1.3.6.1. TEMPERATURA DEL AIRE

“En la práctica del secado, la elección de la temperatura se lleva a cabo tomando en consideración la especie que se vaya a someter al proceso. Existen diversos niveles de temperatura que se mantienen durante el proceso técnico de secado. Durante el proceso de secado, se origina una gradiente de temperatura con respecto al espesor del material, mismo que tiende a disminuir conforme se reduce el contenido de humedad.

1.3.6.2. HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE

La humedad del aire se define como la razón de la presión de vapor de agua presente en ese momento, con respecto a la presión de saturación de vapor de agua a la misma temperatura. Generalmente, se expresa en porcentaje (%), a medida que se incrementa la temperatura del aire aumenta su capacidad de absorción de humedad y viceversa.

1.3.6.3. VELOCIDAD DEL AIRE

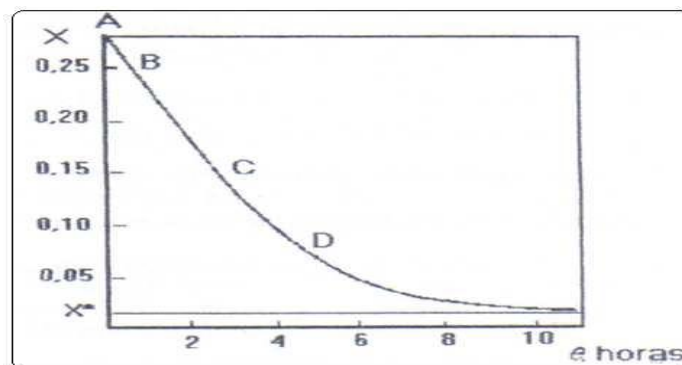
La velocidad del aire dentro del secador tiene como funciones principales, en primer lugar transmitir la energía requerida para calentar el agua contenida en el material facilitando su evaporación, y en segundo lugar, transportar la humedad saliente del material. La capa limite que existe entre el material a secar y el aire juega un papel importante en el secado. La forma de la corriente del aire es importante para la velocidad, una corriente turbulenta es mucho más eficaz que

¹⁰ Definición, objetivo y parámetros de secado <http://www.virtual.unal.edu.com>

una laminar, pues la primera afecta en mayor forma la capa límite y el aire. Durante las primeras etapas del secado, la velocidad del aire desempeña un papel muy importante, sobre todo cuando el material contiene un alto contenido de humedad. Por tal razón, para asegurar un secado rápido y uniforme es indispensable una circulación del aire a regular.”¹¹

1.3.6.4. CURVAS DE CINÉTICA DE SECADO

A partir de las curvas de cinética de secado (x vs t , dx/dt vs x), que deben ser obtenidas a nivel de laboratorio, puede tenerse una idea del tiempo de secado, del consumo de energía, del mecanismo de migración de humedad, de las condiciones predominantes en la transferencia de calor y masa y de la influencia que tienen en la velocidad de secado las variables del proceso tales como: temperatura, humedad de entrada, velocidad del aire, etc. Con los datos obtenidos durante la prueba de secado o sea de la variación de la humedad con el tiempo, puede hacerse un gráfico de contenido de humedad en función del tiempo.



Fuente: Factores en el Proceso de Secado, www.Aspectos teóricos de la operación de secado .com

Fig. 1.3.6.4-1 Datos humedad libre en función del tiempo

¹¹ Factores en el Proceso de Secado, www.Aspectos teóricos de la operación de secado y su aplicación en productos sólidos.htm

Fase A; corresponde a un ajuste de temperatura y de humedad del material a las condiciones de secado.

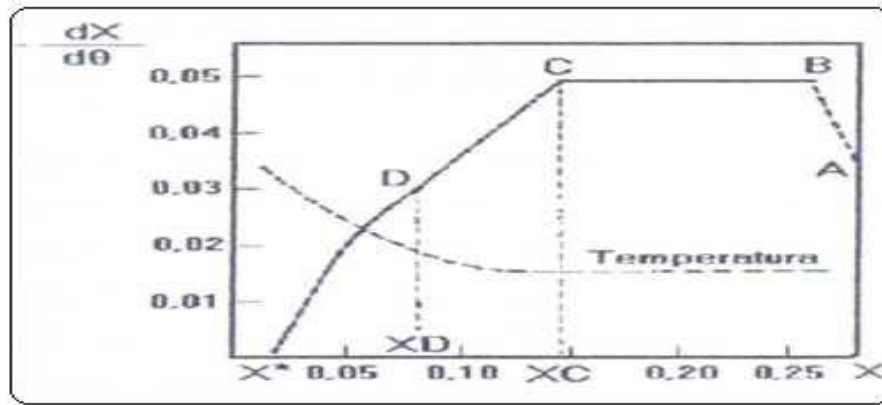
Fase B; estabilización, en el cual las condiciones de la superficie del solido se equilibran con las del aire de secado. Generalmente es una proporción despreciable del total de secado.

Fase C; periodo de velocidad constante, Durante el mismo la superficie del solido se mantiene saturada de agua líquida debido a que el movimiento del agua desde el interior del solido hasta la superficie ocurre a la misma velocidad que la de la evaporación en la superficie.

Fase D; periodo de velocidad decreciente, la superficie del solido comienza a desecarse porque el agua aún se halla en su interior encuentra dificultades para llegar a la superficie del sólido. La temperatura del solido comienza hasta aproximarse a la temperatura aire de secado cuando el producto se ha desecado totalmente. Esto es lo que determina que la temperatura del aire deba moderarse para evitar que la temperatura del producto supere la temperatura critica.

1.3.7. CURVAS DE RÉGIMEN DE SECADO

Se puede obtener abundante información si se convierten los datos a regímenes de secado, y se lleva a un gráfico en función del contenido de humedad. Generalmente se pueden apreciar dos partes notorias de la curva de régimen de secado: un período de régimen constante y uno de caída de régimen, aunque teóricamente existen o se pueden apreciar tres etapas del proceso o períodos de secado.



Fuente: CHRISTIE, J, GEANKOPLIS. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias

Fig. 1.3.7-1 Curva de velocidad de secado en función de la humedad libre

Etapa A-B: Es una etapa de calentamiento inicial del sólido normalmente de poca duración en la cual la evaporación no es significativa por su intensidad ni por su cantidad. En esta etapa el sólido se calienta desde la temperatura ambiente hasta que se alcance el equilibrio entre el enfriamiento por evaporación y la absorción de calor de los gases. Este equilibrio se alcanza a la temperatura de bulbo húmedo del gas.

Etapa B-C: Es el llamado primer período de secado o período de velocidad de secado constante; donde se evapora la humedad libre o no ligada del material y predominan las condiciones externas. La velocidad de secado se mantiene constante si el gas tiene un estado estacionario y en general depende solo de las propiedades y velocidad del mismo. Durante este período la temperatura del sólido se mantiene igual a la de bulbo húmedo del gas, ya que se mantiene el equilibrio alcanzado al final de la etapa de calentamiento.

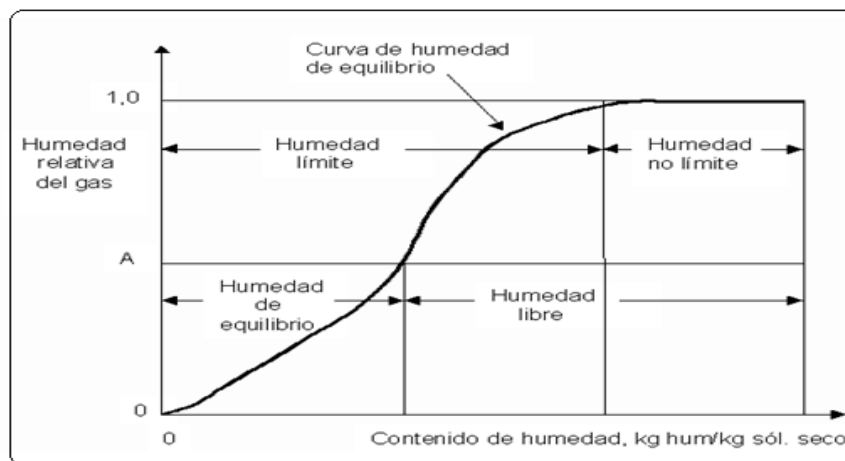
Etapa C-D: Es el segundo período de secado o período de velocidad de secado decreciente; donde se evapora la humedad ligada del material y predominan las condiciones internas o las características internas y externas simultáneamente. Durante el período, la temperatura del material sobrepasa la de bulbo húmedo debido a que el descenso de la velocidad de secado rompe el equilibrio térmico que mantiene estable la temperatura y una parte considerable del calor se

emplea en un calentamiento del sólido”¹²

1.3.8. CLASIFICACIÓN DE LA OPERACIÓN DE SECADO

“De modo general se pueden clasificar las operaciones de secado en continuas y discontinuas. En las operaciones continuas pasan continuamente a través del equipo tanto la sustancia a secar como el gas.

La operación discontinua en la práctica se refiere generalmente a un proceso semicontinuo, en el que se expone una cierta cantidad de sustancia a secar a una corriente de gas que fluye continuamente en la que se evapora la humedad.



Fuente: CHRISTIE, J, GEANKOPLIS. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias

Fig. 1.3.8-1 Diferentes tipos de humedades

Los equipos utilizados para secar se pueden clasificar también de acuerdo a cualquiera de estas categorías:

- Métodos de operación: Continuos o Discontinuos
- Métodos de propiciar el calor necesario para la evaporación de la humedad:

En secaderos directos e indirectos.

- Naturaleza de la sustancia a secar: Puede ser la sustancia un sólido rígido

¹² CHRISTIE, J, GEANKOPLIS. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias: Curvas de Secado. México: Continental S.A, 1982. Pp.452, 453.

como la madera, un material flexible como el papel o la tela, un sólido granular tal como la masa de cristales, una pasta espesa o delgada o una solución.

1.3.9. TIPOS DE SECADORES

De acuerdo a la clasificación de la operación de secado encontramos los siguientes tipos de equipos (Treybal, 1965).

TABLA No. 1.3.9-1
Tipos de Secadores

Secaderos de calentamiento directo		Secaderos de calentamiento Indirecto	
Equipos Discontinuos	Equipos continuos	Equipos discontinuos	Equipos continuos
.Secaderos de bandejas con corriente de aire.	.Secaderos de túnel.	.Secaderos de bandejas a vacío.	.Secaderos de tambor.
.Secaderos de cama fluidizada.	.Secaderos neumáticos.	.Secaderos de bandejas a presión atmosférica.	.Secaderos con circulación a través del lecho”
.Secaderos con circulación a través del lecho sólido.	.Secaderos ciclónicos.	.Secaderos por congelación.	
	.Secaderos de cama chorreada.		
	.Secaderos de cama vibratoria.		
	.Secadero de cama fluidizada.		
	.Secaderos sprays.		
	.Secaderos de tipo turbina.		
	.Secaderos rotatorios.		

Fuente: CRUZ VIERA Luis. Introducción a la Ingeniería Química.

1.3.10. SELECCIÓN DEL SECADOR

El diseño y la elección del secador se deciden por las características de los flujos húmedo y seco:

- **Selección inicial de los secadores.-** Se deben seleccionar los secadores que sean más adecuados para manejar el material mojado y el producto seco que se adapten a la continuidad del proceso como un todo y generen un

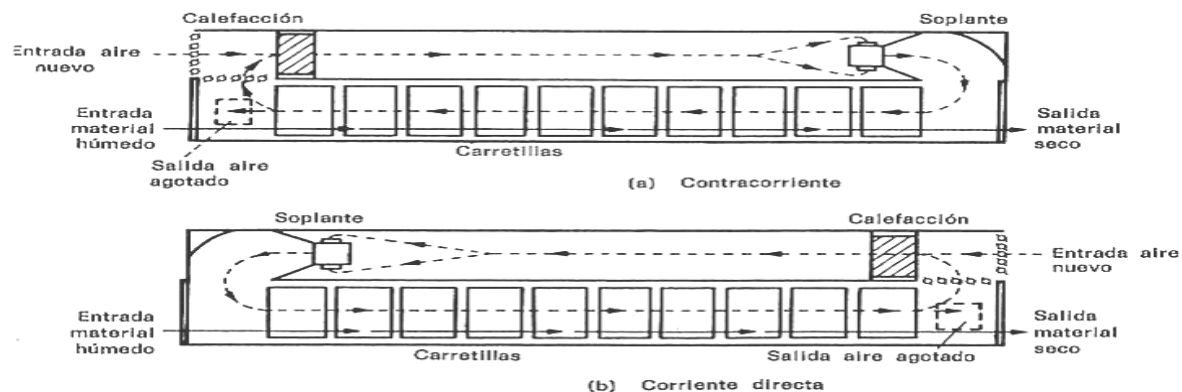
producto con las propiedades físicas adecuadas.

- **Comparación inicial de los secadores.-** Los secadores seleccionados de esta manera se evaluarán en forma aproximada, basándose en los datos de coste y funcionamiento. Partiendo de esta evaluación, los secadores que parezcan ser menos económicos o poco apropiados desde el punto de vista de su funcionamiento no se deberán someter a consideraciones posteriores.
- **Pruebas de secado.-** Dichas pruebas determinarán las condiciones óptimas de operación y las características del producto, y constituirán la base para obtener presupuestos rigurosos de los distribuidores de este tipo de equipo.
- **Selección final del equipo.-** Una vez que se hayan recopilado los resultados de las pruebas de secado y las cotizaciones sobre los equipos, se hará la selección final del secador más apropiado para el caso”¹³

1.3.11. SECADOR CONTINUO DE TÚNEL

“Los secadores de túnel son muy comunes en la deshidratación de alimentos. Pueden Configurarse en paralelo y en contra corriente siendo la primera la más suave para el producto, mientras que, en la segunda, el contacto del aire más caliente con el producto seco propicia en endurecimiento de su superficie. Pueden alcanzar hasta 24m de longitud y consisten en una cabina en la que hay un mecanismo de rieles que mueven carros con producto a lo largo de ella. El proceso es entonces semi continuo.

¹³ CRUZ VIERA Luis. Introducción a la Ingeniería Química. Cuba: Pueblo y Educación, 1990. Pp. 60-67



Fuente: GEANKOPLIS J., Proceso de Transporte y Operaciones Unitarias

Fig. 1.3.11-1 Secador de túnel

Este tipo de secador está formado por un túnel, por el cual pasan bandejas o carretillas con el material a secar, dentro del túnel, se hace fluir, generalmente a contracorriente, aire caliente, el cual sirve para secar los sólidos.

Este tipo de secador es típico de la industria alimenticia. Actualmente existen algunos modelos que reemplazan a los vagones por una banda transportadora sin fin que hace el mismo recorrido del material a través del túnel de secado. En este tipo de secadores la humedad y temperatura cambian continuamente, como consecuencia el periodo de velocidad constante del secado de los materiales no aparece como constante porque decrece a medida que la temperatura disminuye, por tal razón las curvas de velocidad de secado no se aplican a los procesos de secado continuos.

En la actualidad existe una demanda de productos deshidratados de alta calidad con características equivalentes a las encontradas en los productos frescos. Además el proceso de secado debería tener unos costes de producción reducidos, y un bajo impacto ambiental.

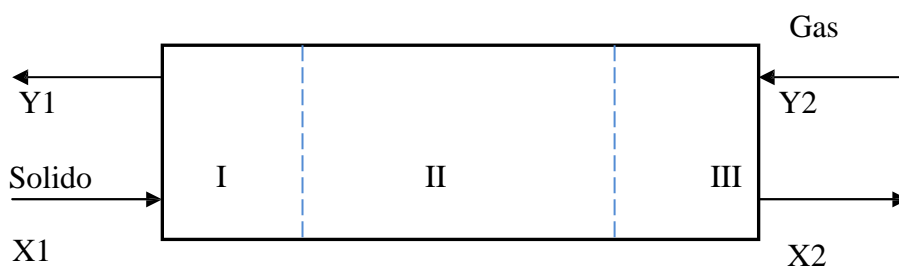
Los secadores con banda transportadora se utilizan para secar todo tipo de productos tales como verduras y hortalizas, pescado, carne y frutas. Además del secado de alimentos y productos del campo, el secador de cinta también puede utilizarse para la

deshidratación de productos químicos y farmacéuticos. Este secador tiene como características destacadas la alta eficiencia y el bajo consumo energético.

1.3.12. ZONAS Y PERFILES DE TEMPERATURAS

El secado continuo representa ciertas ventajas sobre el secado por lotes. Casi siempre es posible usar equipos de tamaño más pequeño y el producto tiene un contenido de humedad más uniforme. En un secador continuo, el sólido se desplaza por el secador estando en contacto con una contracorriente de gas que puede fluir en contracorriente, el gas caliente de entrada entra en contacto con el sólido que sale ya que se ha secado. En la operación adiabática en paralelo, el gas caliente de entrada se pone en contacto con el sólido húmedo.

En la **figura 1.3.12-1** se representa esquemáticamente un secadero adiabático continuo con funcionamiento en contracorriente, en donde el túnel de secado está dividido en zonas, manteniendo en cada una temperatura diferente.



Fuente: GEANKOPLIS J., Proceso de Transporte y Operaciones Unitarias

Fig. 1.3.12-1 Representación esquemática de un secador de túnel

Se distingue así tres zonas de secado:

Zona I o de pre calefacción, en la que los sólidos se calientan hasta la temperatura de saturación adiabática, no efectuándose aquí el secado.

Zona II, es la zona en la que se separa prácticamente toda la humedad del sólido, permaneciendo este a la temperatura de saturación adiabática.

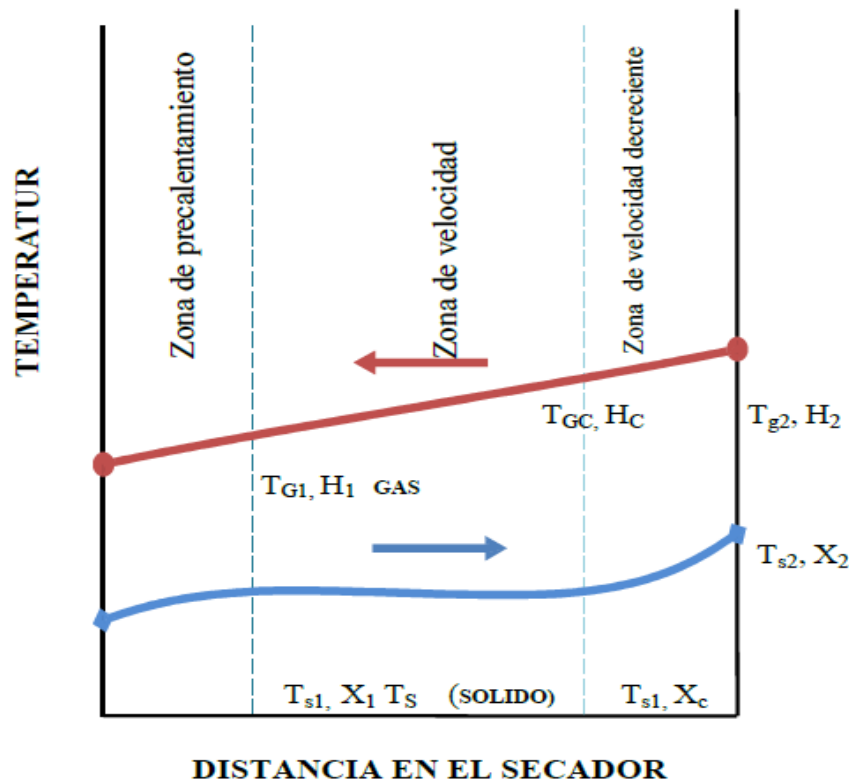
Zona III, en donde vuelve a elevarse la temperatura del sólido sin variar prácticamente su humedad.

Cada zona lleva su sistema de calentamiento y de circulación de aire y, en caso necesario, su sistema de evacuación de aire. Cuando la banda transportadora atraviesa la zona el aire caliente pasa a través del producto de arriba hacia abajo y hacia arriba. De esta forma se consigue un secado de producto uniforme. En la **figura 1.3.12-2** se muestra los perfiles típicos de temperatura para el gas T_g y el sólido, T_s en un secador continuo a contracorriente. En la zona de precalentamiento, el sólido se calienta hasta alcanzar la temperatura de bulbo húmedo o de saturación adiabática. Esta zona produce poca evaporación y casi siempre se ignora cuando se trata de un secado a temperaturas bajas.

En la zona de velocidad constante, se evapora la humedad sin combinar y la superficial, mientras la temperatura de saturación adiabática, cuando el calor se transfiere por convección. La velocidad de secado sería constante en este caso, pero la temperatura del gas varía, y también lo hace la humedad.

El contenido de humedad decae al valor crítico X_c al final de este periodo. En la zona de velocidad decreciente se evapora la humedad superficial y saturada y la humedad combinada, mientras el sólido se seca hasta su valor final X_2 . La humedad del gas de entrada a la zona III es H_2 y sale con una humedad H_c'' .¹⁴

¹⁴ GEANKOPLIS J., Proceso de Transporte y Operaciones Unitarias, 1ª. ed. México: Continental, 1982. Pp 471- 483



Fuente: GEANKOPLIS J., Proceso de Transporte y Operaciones Unitarias

Fig. 1.3.12 – 2. Perfiles de Temperaturas para un Secador continuo a contracorriente

“Dependiendo del producto el túnel puede ir preparado con una sección de enfriado y con un elemento de vibración a la salida para reducir la temperatura final del producto. Los diferentes tipos de secaderos de túnel se suelen clasificar según la dirección del aire. De esta manera, **los secadores de túnel de flujo paralelo** producto/aire, alcanzan altas velocidades de evaporación. Esta velocidad de secado conlleva productos de baja densidad, dada la escasa contracción que tiene lugar. Según progresa el producto en el túnel, el producto entra en contacto con aire más frío y húmedo, para evitar el deterioro del producto.

Los **secadores por flujo contracorriente** ofrecen una velocidad inicial de secado menor, provocando una mayor contracción en el producto. Tras la fase inicial, el producto es expuesto a un aire caliente y seco, por lo que habrá que controlar adecuadamente esta fase si no se quiere arriesgar a perder calidad en el producto. La

humedad final que consigue este túnel suele ser mayor que la conseguida con los secaderos de túnel.

Secadero de flujo transversal: la corriente de aire caliente fluye desde los costados del túnel. Los hay que proveen calor desde un solo lateral, no son los más convenientes, y los que suministran calor desde ambos lados del túnel y a lo largo del recorrido.

Como consecuencia de la frecuencia con que cambia la dirección del aire se obtiene un producto de humedad uniforme. Su funcionamiento y mantenimiento son más complejos y el costo es mayor. Esta combinación suele contar en primer lugar con el túnel en paralelo, para conseguir un secado rápido, con bajo contenido de humedad y minimizando la pérdida de calidad.

Los secadores con banda transportadora proporcionan muchas ventajas:

- Secado a medida
- Curva óptima de tiempo/secado para cada producto
- Sistema de secado en continuo
- Adecuado para productos húmedos granulados, en fibra, preformados o extrusionados.
- Alta eficiencia energética.
- Utilización del espacio eficiente
- Secado uniforme y suave.
- Sistema modular, flexible y fácil de enviar e instalar”¹⁵

¹⁵Secador de Túnel Flujo Paralelo, [http:// www.monografias.com/secadores-continuos-y-aplicacion-de-un-banda-transportadora.htm/ec](http://www.monografias.com/secadores-continuos-y-aplicacion-de-un-banda-transportadora.htm/ec)

1.3.13. COMPONENTES PRINCIPALES DEL EQUIPO

“Tenemos como componentes principales de este secador de túnel los siguientes:

- a) Cámara de secado
- b) Fuente de calor
- c) Ventiladores
- d) Materiales auxiliares
- e) Controlador de temperatura
- f) Banda transportadora
- g) Serpentes
- h) Trampa de vapor
- i) Válvula solenoide

1.3.13.1. CÁMARA DE SECADO

Esta constituye uno de los ejes principales para el diseño de un secador de túnel. En este se efectuara el proceso de deshidratación por lo que este debe estar acorde a las necesidades y requerimientos teniendo como base tanto las pruebas bromatológicas realizadas al producto (harina de sangre), como las pruebas de secado realizadas en el laboratorio.

Para lograr un funcionamiento satisfactorio del mismo va depender del mantenimiento de una temperatura constante y una velocidad de aire uniforme sobre todo el material que se esté secando. En la cámara de secado se encuentra una banda transportadora, una cámara de distribución del aire caliente cuyo material de esta debe estar acorde con las condiciones de temperatura y corrosión presentes en la cámara de secado.

Para la construcción de la cámara de secado se tendrá en cuenta varios aspectos como:

- Dimensiones del secador de túnel
- Compartimiento y rieles de descargue de la banda transportadora

- Longitud y diámetro de la banda transportadora
- Ubicación de los serpentines
- Aplicación de aislante térmico
- Forraje de la cámara de secado

Para la posterior construcción de la cámara de secado se colocara los rieles de descarga de la banda transportadora por la cual se destinara el polvo a secarse, como es habitual la generación de calor se efectuara por medio de 4 serpentines ubicados a los lados de los rieles de descarga.

De igual forma en la parte superior de los rieles de descarga se colocara un distribuidor cuya función como su nombre lo indica es proporcionar el calor de regreso a la cámara de distribución de aire para sí distribuir otra vez uniformemente en toda la cámara de secado y evitar la incineración del producto por las altas temperaturas.

Para la concentración del calor en la cámara de secado se forrara con un aislante térmico (madera) con la finalidad de mantener una temperatura deseable para el secado. Se colocara un corte de una plancha de acero inoxidable en la parte superior e inferior y a los extremos de la misma, con la finalidad de evitar el efecto que el aire de entrada del ventilador que ingrese en forma paralela y que pueda ocasionar que el producto se difunda dentro de toda la cámara, se construye este dispositivo y así se evitara problemas operativos como mencionamos.

1.3.13.1.FUENTE DE CALOR

Esta fuente de calor es utilizada cuando las cargas de alimentación son muy grandes. La operación de secado con previa utilización de vapor presenta ventajas de usar vapor sobre calentado en un sistema de secador de túnel a contra corriente de aire. No es nuevo el conocimiento de vapor sobre calentado como una mejor alternativa. Se ha hecho investigaciones sobre secado con vapor sobre calentado de lecho fijo por lotes, lechos fluidizados, neumáticos, spray, de túnel e impregnación, sin embargo la

aceptación de esta tecnología no se abre camino fácilmente por la falta de conocimientos acerca del uso del vapor sobre calentado y los equipos necesarios para manipularlo.

Un sistema de vapor sobrecalentado a gran escala debe funcionar con una temperatura levemente mayor a la de saturación y a una presión ligeramente superior a la atmosférica para evitar la entrada de aire al sistema. De otra forma se requeriría un aislante perfecto.

Proceso de vaporización.- El vapor o el agua caliente se producen mediante la transferencia de calor del proceso de combustión que ocurre en el interior de la caldera, elevando, de esta manera, su presión y su temperatura. Debido a estas altas presiones y temperaturas se desprende que el recipiente contenedor o recipiente de presión debe diseñarse de forma tal que se logren los límites de diseño deseado, con un factor de seguridad razonable. Por lo general, en las calderas pequeñas empleadas para la calefacción doméstica, la presión máxima de operación es de 104000 N/m². En el caso del agua caliente, esta es igual a 232 C (450 F).

La generación del vapor es uno de los aspectos importantes para el buen desempeño de secaderos si es tomado como fuente de calor para el funcionamiento de este, por cuanto si no hay una buena temperatura el proceso es ineficiente. La temperatura en este caso se logra mediante una adecuada generación de vapor. Para convertir el agua en vapor saturado, es necesario llegar a una temperatura de 341.27 F y una presión de 105.3 psi.

1.3.13.1.VÁLVULAS DE SEGURIDAD

Para seleccionar las válvulas de seguridad, no tanto por el diámetro sino por la presión de apertura (Lb. /hora), por lo menos 10% más sobre la presión de generación de la caldera. Este dispositivo se destinara para la entrada de vapor a las líneas de serpentines según la cantidad de temperatura deseada.

1.3.13.2. TRAMPA DE VAPOR

Una trampa de vapor es un equipo auxiliar en líneas o equipos de calentamiento con vapor, y su función consiste en evacuar los condensados que se van produciendo, sin permitir el paso de vapor. Según el principio físico que se use para seleccionar el paso de condensados”¹⁶.

1.3.13.3. VENTILADORES

“Se define como ventilador a un aparato destinado a mover aire o gases, por medio de un rodete como unidad impulsora. Un ventilador tiene al menos un orificio de aspiración y un orificio de impulsión, dichos orificios pueden o no tener elementos para su conexión al ducto de equipo. El que va accionado por medio de un motor eléctrico y la transmisión puede ser directo.

1.3.13.4. MATERIALES AUXILIARES

Existe más de un material que se puede emplear alternativamente en el equipo de secado y que podría servir para una aplicación específica.

Acero Inoxidable: ya que se maneja un producto alimenticio, el material que se utilice en la construcción deberá ser resistente a la corrosión, a la humedad y temperatura con que se esté operando. Siendo el acero inoxidable el material ideal para la construcción del secador.

Aislante Térmico.- como es un secador de gran longitud, el material para la concentración de calor en el mismo se tomara la opción de colocar madera en el interior de la cámara de secado para sí facilitar el desenvolvimiento de la operación de secado.

1.3.13.5. CONTROLADOR DE TEMPERATURA

El controlador de temperatura es un dispositivo que se encarga de regular y mantener

¹⁶ Componentes Principales del Equipo, <http://www.Industriaalimenticia.Secado y componentes de secadores continuos.com.htm>

constante una temperatura de entrada, fijada como consigna, actuando sobre una resistencia. Su funcionamiento se basa en el principio de realimentación, un elemento esencial de todos los mecanismos de control que permite al diseñador dotar de una máquina de capacidad de autocorrección.

1.3.13.6.CONTROL PID:

Estos controladores han mostrado ser robustos y extremadamente beneficiosos en el control de muchas aplicaciones de importancia en la industria. PID significa: **Proporcional Integral Derivativo**.

Hoy en día, a pesar de la abundancia de sofisticadas herramientas y métodos avanzados de control, el controlador PID es aun el más ampliamente utilizado en la industria moderna, controlando más del 95% de los procesos industriales.

1.3.13.7.SENSOR DE TEMPERATURAS:

La medida de la temperatura constituye una de las mediciones más comunes y más importantes que se efectúan en este tipo de sistemas, las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia ente el elemento y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesario: es importante señalar que es esencial una comprensión clara de los distintos métodos de medida con sus ventajas y desventajas propias para lograr una selección optima del sistema más adecuado.

1.3.13.8.TIPOS DE SENSORES DE TEMPERATURAS:

Existen diferentes tipos de sensores que son usados para medir la temperatura: Termisores y RTD_s, Termopares y sensores de estado sólido.

1.3.13.9. Termisores:

Son elementos conductores que están diseñados para cambiar su resistencia eléctrica cuando son sometidos a cambios de temperatura. La cantidad en el cambio de la resistencia está definida por el coeficiente de temperatura del material, el cual es medido en ohm de cambio de resistencia por ohm de resistencia por grado Celsius.

1.3.13.10. Termopares.

Son transductores que consisten de 2 metales diferentes u otros materiales que fundidos y unidos, el extremo del uno con el otro. La unión de estos materiales o metales produce un voltaje cuando este es expuesto al calor. Los termopares pueden ser conectados en serie o en paralelo con el propósito de encontrar un significado aritmético a muchas temperaturas.

1.3.13.11. Sensores de temperatura de estado sólido:

También son conocidos como sensores de unión PN, ya que si un ordinario diodo rectificador de estado sólido es conectado a un óhmetro se observa que la resistencia del diodo cambia conforme la temperatura cambia.”¹⁷.

1.3.14. PRUEBAS DE ENSAYO DE SECADO

“Las pruebas de ensayo se realizan con la finalidad de obtener los datos necesarios para que haciendo uso de las diferentes ecuaciones podamos diseñar el equipo, además de graficar las curvas de secado que nos van a permitir saber con precisión la humedad critica, humedad de equilibrio así como la velocidad de secado y el tiempo necesario para la operación de secado.

¹⁷ LEON, D. y GOMEZ, J. Diseño y Construcción de un Secador de Bandejas para Germen de trigo. Tesis. Ing. Químico. Riobamba Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. 2005. Pp. 76-79.

Es necesario conocer las variables físicas que intervienen en el secado que en resumen son las siguientes:

- ♦ Peso del material
- ♦ Humedad Total contenida en el material
- ♦ Humedad inicial y final del material en cada etapa
- ♦ Duración del secado
- ♦ Cantidad de agua evaporada por hora
- ♦ Temperatura critica del producto
- ♦ Temperatura máxima al entrar al secador
- ♦ Grado de saturación del aire a la salida del secador
- ♦ Temperatura y humedad relativa del aire al exterior.

TABLA 1.3.14-1
Variable e Indicadores

VARIABLES	INDICADORES	INDICES
<i>Preparación</i>		
Temperatura	centígrados	18 - 23 C
Tiempo	días	
Humedad	gramos %	5 días
<i>Secado</i>		
Temperatura	C	40-60 C
Humedad	gramos %	30 -13
Velocidad	m/s	
Tiempo	Horas	1,4 - 2,2 horas

Fuente: MORETA M. 2012

La forma de cómo se recopilaron los datos es la siguiente:

- ❖ Lo primero que debemos saber es la humedad con que inicia esta etapa de secado en donde se somete la materia prima (harina de sangre) a un calentamiento a temperatura constante en un secador de aire caliente. Obteniendo las pérdidas de humedad en un tiempo determinado.
- ❖ En la etapa de secado la recopilación de datos se va tomar en minutos.
- ❖ Una vez tabulados los datos hacemos uso de las ecuaciones necesarias para realizar las curvas respectivas (Humedad VS Tiempo, Humedad vs Velocidad de Secado, Velocidad de secado vs tiempo), las cuales sirven para controlar el comportamiento que tiene la materia prima y así poder elegir la temperatura y el tiempo ideal para el proceso de secado del mismo.
- ❖ Las variables del proceso obtenidas en los diferentes ensayos del Laboratorio desecado nos permitirá dimensionar nuestro equipo de acuerdo a las necesidades del producto. En lo cual es fundamental determinar las curvas de secado que es una base de los objetivos fundamentales de este trabajo. Una de las tareas principales en el estudio del secado de un sólido, es la identificación del modelo cinético que más adecuadamente se requiere a los datos experimentales de secado.
- ❖ El reordenamiento de un modelo de secado consiste en la estimación de sus parámetros según algún criterio de comportamiento que tome en cuenta el peso de la humedad media del sólido y el peso de la humedad calculada por el modelo propuesto.”¹⁸

¹⁸ LEÓN, D. y GOMEZ, J. Diseño y Construcción de un Secador de Bandejas para Germen de trigo. Tesis. Ing. Químico. Riobamba Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. 2005. Pp. 80-85

1.4. DISEÑO DEL EQUIPO

1.4.1. CINÉTICA DEL SECADO

“Se define la velocidad de secado por la pérdida de humedad del sólido húmedo en la unidad de tiempo, y más exactamente por el cociente diferencial $(-dX/d\theta)$ operando en condiciones constantes de secado, es decir con aire cuyas condiciones (temperatura, presión, humedad y velocidad) permanecen constantes con el tiempo. Analíticamente, la velocidad de secado se refiere a la unidad de área de superficie de secado, de acuerdo con la ecuación:

$$w = \frac{S}{A} \left(-\frac{dx}{d\theta} \right)$$

Ec: 1.4.1-1 Cinética de secado

Siendo:

S = peso de sólido seco (kg)

A = área de superficie expuesta (m²)

W = velocidad de secado. (Kg/hm²)

❖ **Humedad(en base seca):** Es la cantidad de agua referida al sólido seco:

$$X = (P_{SH} - P_{SS})/P_{SS}$$

Ec: 1.4.1-2 Humedad (en base seca)

Dónde:

X=Humedad (kg H₂O/ kg solido seco)

P_{SH}=Peso del solido Húmedo (kg)

P_{ss}=Peso del solido seco (kg)

Aplicaciones:

Este tipo de secado permite que los alimentos es uno de los métodos más antiguos utilizados para su conservación, ya que al reducirse el contenido de agua en un alimento:

- Se reduce la posibilidad de su deterioro biológico, y se reducen otros mecanismos de deterioro.

❖ **Humedad (en base húmeda):** Es la cantidad de agua que contiene el sólido referido al sólido húmedo (sólido seco + agua).

$$X = (P_{SH} - P_{SS})/P_{SS}$$

Ec: 1.4.1-3 Humedad (base húmeda)

Dónde:

X= Humedad (kg H₂O/kg solido seco)

P_{SH}=Peso del sólido húmedo (kg)

P_{SS} =Peso del sólido seco (kg)

Aplicaciones:

- Prácticamente reduce su peso y volumen, aumentando la eficacia de los procesos de transporte y almacenaje (sopas deshidratadas, leche en polvo, etc.).

❖ **Velocidad Periodo Contante.-** Este periodo va desde la humedad inicial hasta la humedad critica .para este periodo hacemos uso de la Ec: 1.4.1-4 :

$$W_c = \frac{S}{A} \left[\frac{\Delta X}{\Delta \theta} \right]$$

Ec: 1.4.1-4 velocidad periodo constante

Dónde:

W_C = Velocidad de secado constante (kg/hm²)

A = Superficie expuesta al secado (m²)

S = Peso del Solido seco (kg)

ΔX =Variación de la humedad en base seca. (kg H₂O/kg solido seco)

Δθ =Variación del tiempo de secado (h)

❖ **Velocidad total en la operación de secado**

$$W = W_1 - W_2$$

Ec: 1.4.1-5 Velocidad total

Dónde

W_1 = Velocidad para el periodo constante (kg/hm^2)

W_2 = Velocidad para el periodo decreciente (kg/hm^2)

- ❖ **Calculo del Tiempo de Secado en el periodo constante.-** Es el tiempo necesario para que la humedad del solido descienda desde su valor **inicial por integración y se obtiene a partir de:**

$$\theta = \frac{S}{A} \int_{x_f}^{x_i} \frac{dX}{W}$$

Ec: 1.4.1-6 Cálculo del tiempo de secado

- ❖ **Periodo anticrítico.-** Como durante este periodo $w = \text{constante}$, la integración de la Ec:1.4.2-6 desde la humedad inicial hasta la humedad crítica nos lleva a:

$$\theta_a = \frac{S}{A} \left(\frac{X_i - X_c}{W_c} \right)$$

Ec: 1.4.1-7 tiempo de secado en el período constante

Dónde:

θ_a = Tiempo anticrítico (h)

W_c = Velocidad de secado constante (kg/hm^2)

A = Superficie expuesta al secado (m^2)

S = Sólido seco (kg)

X_i = Humedad inicial ($\text{kg H}_2\text{O/kg solido seco}$)

X_c = Humedad crítica ($\text{kg H}_2\text{O/kg solido seco}$)

- ❖ **Periodo Poscrítico.-** este se lo realiza por:

(a) El método gráfico si no se conoce la relación analítica $W = f(x)$, la integración de la ecuación 1.4.2-6 ha de hacerse gráficamente representando X frente a $1/W$ este valor será el real limitada por la curva, el eje de las abscisas y las ordenadas extremas x_c y x_f .

(b) El Método Analítico si la velocidad de secado varía linealmente con la humedad, desde la humedad crítica hasta la final, la integración de la ecuación 1.4.2-6 conduce a:

❖ **Cálculo del tiempo de secado en el período decreciente**

$$\theta_p = \frac{S}{A} \frac{(x_c - x_f)}{(W_c - W_f)} \ln \frac{W_c}{W_f} = \frac{S(x_c - x_f)}{AW_{log}}$$

Ec: 1.4.1-8(a) Tiempo de secado en el período decreciente

$$\theta_p = \frac{S}{A} \frac{(x_c - x^*)}{W_c} \ln \frac{(x_c - x_f)}{(x_c - x^*)}$$

Ec: 1.4.1-9(b) Tiempo de secado en el período decreciente

Dónde:

θ_p = Tiempo anticrítico (h)

x_c = Velocidad de secado constante (m/s)

x_f = Velocidad final (m/s)

A = Superficie expuesta al secado (m²)

S = Sólido seco (kg)

W_c = Humedad final (kg/hm²)

1.4.2. CÁLCULO DE LA LONGITUD DEL SECADERO

Para el cálculo de la longitud del secadero se basará en la transmisión de calor en donde la temperatura del aire como la del sólido varía a lo largo del secadero.

El método para calcular la longitud de un secadero continuo circulando el gas y el sólido en contracorriente consiste en el empleo de elementos de transmisión basado en la convección del calor y la longitud de la unidad de transmisión. Cabe distinguir en estos tipos de secadores está distribuido en 3 zonas de secado para lo cual cada nivel de estas tendrá su temperatura.

Se calcula la humedad de salida del aire por aplicación de un balance de materia:

❖ Humedad de salida del aire

$$Y_1 = Y_2 + \frac{G_s}{G}(X_1 - X_2)$$

Ec: 1.4.2-Humedad de salida

Y_1 = Humedad del aire a la salida (Kg H₂O/kg sólido seco)

Y_2 = Humedad del aire a la entrada (kg H₂O/kg sólido seco)

G_s = Caudal del Sólido (kg/h)

G = Caudal del Gas (kg aire seco/h)

X_1 = Humedad del sólido a la entrada (kg H₂O/kg sólido seco)

X_2 = Humedad del sólido a la salida (kg H₂O/kg sólido seco)

Se calcula la entalpía del aire a la salida del secadero por aplicación de un balance general de energía:

❖ Entalpía del aire a la salida del secadero

$$H_1 \text{ (aire de salida)} = (0,24 + 0,46 Y_1) T_1$$

Ec: 1.4.2-2. Humedad del aire a la salida del secadero

Dónde:

H_1 (aire de entrada)= Entalpia del aire a la salida (kcal/kg)

Y_1 = Humedad del aire a la salida (kg H₂O/kg solido seco)

T_1 = Temperatura del aire a la salida (°C)

❖ **Entalpia del solido a la entrada**

$$H_1 \text{ (solido de entrada)} = (Cps + x_1) T_{s1}$$

Ec: 1.4.2-3. Humedad del solido a la entrada

Dónde:

Cps = Capacidad calorífica de la Harina de Sangre: Kcal /kgC

H_1 (solido de entrada)=Entalpia del solido a la entrada (kcal/kg)

❖ **Se calcula la entalpía del aire a la entrada empleando la ecuación**

$$H_2 \text{ (aire entrada)} = (0,24 + 0,46 Y_2) T_{s2} + 597,2 Y_2$$

Ec: 1.4.2-4. Entalpia Del aire a la entrada

Dónde:

H_2 (aire de entrada)= Entalpia del aire a la entrada (kcal/kg)

Y_2 = Humedad del aire a la entrada (kg H₂O/kg solido seco)

T_2 = Temperatura del aire a la entrada (C)

❖ **Temperatura de salida del gas**

$$T_1 = \frac{H_1 \text{ (aire entrada)} - 597,2 Y_1}{0,24 + 0,46 Y_1}$$

Ec: 1.4.2-5. Temperatura del gas

Dónde:

T_1 = Temperatura de salida del gas (C)

H_1 = Entalpia del aire a la salida (kcal/kg)

Y_1 = Humedad del aire a la salida (kg H₂O/kg sólido seco)

Se calcula la temperatura de salida del aire de las zona III, T_B y la temperatura del sólido en la zona II, que es la temperatura humedad del aire en esta zona, por aplicación de un balance de energía a la zona III del que se deduce que:

♦ **Temperatura de salida del aire de las diferentes zonas del secadero**

$$T_B = T_2 - \frac{C_S T_S}{cG} (T_{S2} - T_W)$$

Ec: 1.4.2-6 (a). Temperatura de salida del aire

Dónde:

T_B = Temperatura de salida (C)

T_2 = Temperatura del aire a la entrada (C)

C_S = Capacidad calorífica de la HS (kcal/kgC)

c = Calor específico del aire (kcal/kgC)

G = Caudal del gas (Kg aire seco/ hora)

T_{S2} = Temperatura del sólido a la salida (C)

T_S = Temperatura del aire a la salida (C)

T_W = Temperatura húmeda (C)

Este cálculo ha de efectuarse por tanteo, para lo cual se supone un valor de T_W . Se calcula T_B para el valor supuesto de T_W y con este valor de T_B e Y_2 se determina T_W en el diagrama psicrométrico que ha de coincidir con el valor supuesto.

Se calcula la temperatura de salida del aire de la zona II, t_A por un balance de energía de acuerdo con la ecuación.

$$T_A = T_1 \left[\frac{G_S}{G} (C_S + X_1 C_1 / C) \right] (T_W - T_{S1})$$

Ec: 1.4.2-6 (b). Temperatura e salida del aire Zona II

Dónde:

T_A = Temperatura de salida del aire Zona II (C)

T_I = Temperatura del aire a la salida (C)

G_S = Caudal del solido (kg / h)

G = Caudal del gas (kg aire seco/h)

X_I = Humedad del solido a la entrada (kg agua/ kg solido seco)

C_s = capacidad calorífica del solido (kcal/kgC)

c = calor especifico del aire (kcal/kgC)

T_{s1} = temperatura del solido a la entrada (C)

T_W = Temperatura húmeda (C)

Se calcula separadamente el número de elementos de transmisión de cada una de estas zonas, de acuerdo a la ecuación:

♦ **Número de elementos de transmisión de cada una de las zonas**

$$N_{OT} = \frac{\Delta T'}{(\Delta T)_{\log}}$$

Ec: 1.4.2-7. Número de elementos de transmisión.

Dónde:

$\Delta T'$ = variación de temperatura en cada zona (C)

N_{OT} = número de elementos de transmisión

Se calcula la longitud de la unidad de transmisión de acuerdo con la ecuación:

♦ **Longitud de la unidad de transmisión**

$$H_{OT} = \frac{57,9c \cdot G^{0.2}}{a}$$

Ec: 1.4.2-8. Longitud de la unidad de transmisión.

Dónde:

H_{OT} = Longitud de transmisión (m)

G = caudal del gas (kg aire seco/h)

a = coeficiente de convección (kcal/hm²°C)

c = coeficiente integral de transmisión de calor kcal/kg°C

❖ **Longitud total del secador de túnel**

$$z = (H_{OT}N_{OT})_I + (H_{OT}N_{OT})_{II} + (H_{OT}N_{OT})_{III}$$

Ec: 1.4.2-9 Longitud total del secador de túnel.

Dónde:

z = longitud del secador del túnel (m)

H_{OT} = Longitud de transmisión (m)

N_{OT} = Número de elementos de transmisión

❖ **Cálculos adicionales presentes en el secador de túnel**

♦ **Cantidad de calor pérdida**

$$q = G \times F H_n$$

Ec: 1.4.2-10. Cantidad de calor perdida

Dónde:

q = Calor perdido (kcal/h)

G = Caudal del gas (kg aire seco/h)

H_n = Entalpia del aire (kcal/kg)

♦ **Calor sensible**

$$C_s: (H_{agua(T)} - H_{agua(T)})$$

Ec: 1.4.2-11. Calor sensible

Dónde:

C_s = Calor sensible del agua (kcal/kg)

H_{agua} = Entalpia del agua (kcal/kg)

♦ **Calor Latente**

$$C_L: (H_{\text{vapor sat}(T)} - H_{\text{agua sat}(T)})$$

Ec: 1.4.2-12. Calor Latente

Dónde:

C_L = Calor latente del agua (kcal/kg)

$H_{\text{vapor sat}}$ = Entalpia de saturación (kcal/kg)

♦ **Calor suministrado de vapor saturado**

$$q_s = \text{calor sensible} + \text{calor latente}$$

Ec: 1.4.2-13. Calor suministrado de vapor

Dónde:

q_s = Calor suministrado de vapor (kcal/kg)

♦ **Cantidad de calor para calentar la base seca**

$$Q = mc_p \Delta T$$

Ec: 1.4.2-14. Calor para calentar la base seca

Dónde:

Q = Calor base seca (kcal)

m = Masa de agua eliminada (kg)

ΔT = Variación de temperatura (C)

C_p = Calor especifico del solido (kcal/kgC)

♦ **Calor Total para calentar el sistema**

$$Q_T = Q_{\text{vapor sat}} + Q_{\text{sistema}}$$

Ec: 1.4.2-15. Calor del sistema

Dónde:

Q_T = Cantidad total de calor (kcal)

♦ **Calor que deben suministrar los serpentines**

$$Q_{serpentin} = G(H_{2(aire\ entrada)} - H_{aire\ atmosferico})$$

Ec: 1.4.2-16. Calor de los serpentines

Dónde:

$Q_{serpentin}$ = Calor del serpentín (kcal/h)

G = Caudal del gas (kg aire seco/h)

$H_{2(aire\ de\ entrada)}$ = Entalpia del aire a la entrada (kcal/kg)

$H_{aire\ atmosferico}$ = Entalpia del aire atmosférico (kcal/kg)

♦ **Densidad del aire**

$$\delta_{as} = \frac{m_{as}}{V_{aire}}$$

Ec: 1.4.2-17. Densidad del aire

Dónde:

δ_{as} = Densidad del aire (kg/m³)

m_{as} = Masa del aire (kg)

V_{aire} = Volumen del aire (m³)

♦ **Caudal del aire**

$$Q_{aire} = \frac{V_{aire}}{t}$$

Ec: 1.4.2-18. Caudal del aire

Dónde:

Q_{aire} = Caudal del aire (m³/h)

V_{aire} = Volumen del aire (m³)

t = Tiempo (h)

♦ **Velocidad de la banda transportadora**

$$v = \Delta x / t$$

Ec: 1.4.2-19. Velocidad banda transportadora

Dónde:

v= velocidad de descarga

t = tiempo”¹⁸

¹⁸ OCON/ TOJO, G. Problemas de Ingeniería Química. . 2a. ed. Santiago: Chile, Pp. 240-306. V. 2

CAPITULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

La recopilación de datos para el presente estudio se realizó con parámetros establecidos en la literatura o estudios ya realizados anteriormente con una serie de variaciones de las variables y controladores de proceso, para así establecer las condiciones óptimas y necesarias que facilitó el mejor desenvolvimiento en el dimensionamiento del secador de túnel el mismo que presenta características ejemplares y únicas como la utilización del caldero como fuente de energía, el mismo que está provisto por el Camal Municipal de Riobamba y así obtener la harina de sangré sin alteración de las propiedades físico – químicas puestas a prueba.

2.1. MUESTREO

La recolección de muestras en si se lo realizó por un lapso de tres meses, intercalando entre los días viernes y sábados ya que en estos días hay mayor cantidad de sangre liquida y se puede obtener valores reales a la producción neta de harina de sangre.

Por lo tanto entre el primer mes se obtuvo un muestreo para determinar el valor nutricional de la sangre liquida, el segundo mes continuando se realizó el análisis bromatológico de la harina de sangre, prácticamente se hizo este ensayo para valorizar el potencial proteico del producto , el tercer mes se realizó pruebas para determinar la humedad que contiene la harina de sangre una vez que sale del digestor y su deterioro microbiológico en el transcurso de los días en su almacenamiento antes de su venta, por último el muestreo en el cuarto mes se realizó ensayos para determinar las curvas de humedad y la velocidad de secado, cuyos resultados serán útiles para las distintas graficas de humedad y grados proteicos respectivamente.

TABLA 2.1-1
MUESTREO PARA LA RECOLECCIÓN DE HARINA DE SANGRE

NUMERO DE MUESTRAS	HORA	FRECUENCIA			
		SEMANAS			
		1	2	3	4
3	10 am	1	1	1	1

Fuente: MORETA M. 2012

Obteniéndose mensualmente un total de (12) muestra por un periodo de tres meses que tardara todo el plan de muestreo propuesto.

2.2. DIAGNOSTICO

Al realizar el diagnóstico de la Planta Deshidratadora de harina de Sangre del Camal Frigorífico de Riobamba se observó en si el proceso que se usa en la actualidad para obtener esta harina, tanto el recurso humano como la maquinaria que se necesita para el proceso que se describe de la siguiente manera:

2.2.1. Obtención de la materia prima

La sangre líquida es la primera de los subproductos que se obtiene con el sacrificio de los animales. Aproximadamente se recoge un promedio de 900 litros de sangre al día. La sangre proveniente del faenamiento es recolectada por un sumidero y de ahí es conducida al tanque de desfibrinado que tiene una capacidad de 1200 litros y está provisto de un agitador de hélice. Los otros subproductos son recolectados luego de la revisión postmortem de la canal y vísceras y según la condición que estos presentan se los recoge del tanque de decomisos y son llevados a la planta de subproductos para su posterior utilización.

2.2.2. Agitación

Es una Operación Unitaria mecánica que consiste en realizar movimientos violentos e irregulares para romper y reducir el tamaño de los coágulos de sangre facilitando su transporte por el sistema de tuberías.

2.2.3. Cocción

Una vez lleno el silo de recepción con ayuda de una bomba se eleva hacia el digestor, el cual es un cilindro provisto de una doble camisa por el cual circula vapor que al contacto con la sangre la deshidrata. La cocción de la sangre se realiza a una temperatura de 120°C con una presión de 30 PSI, por un tiempo de 30 minutos.

2.2.4. Secado de la sangre

Cuando la sangre llegue hasta el interior del cooker (Secador), se abre la compuerta del alimentador y se añade aproximadamente el 5% de los subproductos que son parte del estudio (carne, hígados y contenido ruminal), y una pequeña fracción de huesos (0,5–Kg por cada 100 Kg. de sangre) y la misma cantidad de grasa, provenientes del faenamiento de los animales.

Una vez listo todos los materiales a secar se inicia la operación de Secado en el cooker, que es un cilindro provisto de una doble camisa por el cual circula vapor que al contacto con la sangre la deshidrata. Esta operación se realiza a una presión de 50-75 PSI a una temperatura de $130\text{-}150^{\circ}\text{C}$.

El cooker posee en su interior un eje horizontal que tiene aspas que conjuntamente con los huesos remueven la masa a deshidratar y evitar que se adhiera a las paredes del cilindro, forme incrustaciones y se queme el producto.

La carga en litros es igual a un bache y este tiene un proceso de duración de 5-6 horas, dependiendo de la cantidad de sangre y subproductos a deshidratar.

2.2.5. Enfriamiento – aireación

La sangre deshidratada al salir del cooker tiene una alta temperatura y necesita un periodo de enfriamiento para lo cual 1 persona se encarga de remover continuamente la harina provocando un enfriamiento más rápido. En esta etapa se recogen muestras de la harina para el control de calidad y análisis respectivos.

2.2.6. Tamizado de la harina de la sangre

La harina que sale del cooker se presenta suelta pulverulenta y sin terrones ni granulaciones. El producto presenta grandes trozos de huesos que se los añadieron antes del secado, para lo cual se realiza el tamizado mecánico, en el que se separan los trozos de hueso de la harina.

2.2.7. Empaque y almacenamiento

Luego de la molienda se empaqueta el producto en sacos de polietileno, la cantidad de 42 Kg. y que posteriormente se los almacena para su posterior venta.

2.3. MÉTODOS

El presente investigación utilizó recursos tanto teóricos como experimental y de campo para obtener apropiadamente la metodología adecuada a través de la implementación del proyecto de diseño, selección y aplicación de todas las herramientas y componentes necesarios para la deshidratación de la harina de sangre, en respuesta a las posibles interrogantes que se puedan presentar en el transcurso del secado.

2.3.1. INDUCTIVO

Partiendo desde los datos obtenidos experimentalmente, se realizó un plan de muestreo, donde se determinó humedad, proteína, grasa y cenizas. Además se obtuvo

por medio del secador de bandejas los diferentes tiempos y temperaturas en las cuales se procede a secar la materia prima hasta obtener un producto con la humedad en equilibrio. Luego por medio de las curvas de secado se obtendrá la temperatura óptima y el tiempo requerido para la deshidratación de la harina de sangre y así obtener el porcentaje de humedad de la harina de sangre, hay que considerar que este parámetro debe estar íntimamente relacionado con la proteína, ya que si se incrementa demasiada temperatura la harina resultante se quema y con un bajo porcentaje en proteína, por ende hay que tener cuidado en los ensayos de secado realizados en el laboratorio en el secador de prototipo de bandejas y de esta forma el diagrama del diseño de un equipo con las características deseadas concluyendo con la validación del mismo.

2.3.2. DEDUCTIVO

En el desarrollo de esta investigación, se inicia con principios de cálculos de ingeniería de Operaciones Unitarias en el área de Secado, partiendo así desde el diseño de Secador de un Secador Tipo Túnel para la Deshidratación de la Harina de Sangre, mediante su respectivo dimensionamiento, lo cual es de gran ayuda para obtener los cálculos necesarios y la determinación de varias variables de procesos con el fin de obtener los parámetros deseables en tanto a humedad y proteína y tiempo de secado.

2.3.3. EXPERIMENTAL

Para realizar los análisis de esta investigación a nivel de laboratorio siguieron una serie de variaciones de los parámetros de humedad establecidos previamente en tablas o en estudios ya realizados, para encontrar las condiciones óptimas y reales que sean favorables para el dimensionamiento del secador de túnel y así obtener una harina de sangre con un porcentaje de humedad y proteína aceptable.

Los métodos utilizados dentro de esta investigación son: analíticos, volumétricos y físico-químicos, estos métodos volumétricos se basan en la determinación de volúmenes. Los métodos físicos-químicas estudian las propiedades del fluido a utilizar. Los métodos analíticos para el análisis de los cálculos realizados

2.3.4. DE CAMPO

Se procedió a realizar un diagnóstico en todas las fases para la obtención de la harina de sangre, las áreas donde se almacenan las lonas del producto, los principales equipos de transferencia de calor (caldero), las fuentes tanto de agua y de energía eléctrica y por último los lugares donde se están utilizando el producto.

2.4. TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE

2.4.1. DETERMINACIÓN DE CENIZAS

TABLA 2.4.1-1
Determinación de cenizas de la Harina de Sangre

FUNDAMENTO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
La muestra de un alimento se incinera a 550°C, para quemar todo el material orgánico presente en la muestra. El material inorgánico que no se quema a ésta temperatura se denomina cenizas.	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica. • Mufla eléctrica con temperatura regulable. • Crisoles de porcelana. • Desecador. • Pinzas. • Espátula. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tarar los crisoles y pesarlos 2. Pesar 2,5 g. de muestra 3. Se carboniza en mechero en una sorbona, hasta que no se produzca hinchazón o producción de humos 4. Introducir los crisoles en la mufla (520-550C) hasta peso constante. (8 horas) 5. Retirar los crisoles de la mufla, colocar en el desecador hasta que alcance temperatura ambiental (30 minutos) 6. Pesar 	<p>Se expresan en porcentaje, y se deduce según la fórmula siguiente:</p> $\% C = \frac{(m2 - m1)}{p} \times 100$ <p>Determinación de cenizas Dónde:</p> <p>m1 = masa en gramos del crisol vacío</p> <p>m2 = masa en gramos del crisol con la muestra tras la incineración</p> <p>p = peso de la muestra en gramos.</p>

FUENTE: (Método Analítico PEE/LAB – CESTTA/101/AOAC/ Gravimétrico)

2.4.2. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y SUSTANCIA SECA

TABLA 2.4.2-1
Determinación de humedad de la Harina de Sangre

FUNDAMENTO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
La determinación de la humedad de la harina de sangre por medio de la gradiente de la temperatura.	<ul style="list-style-type: none"> • Estufa eléctrica. • Balanza analítica • Vidrio reloj. • Desecador • Pinza de cápsula 	<ul style="list-style-type: none"> • Tarar vidrio reloj • Pesar el vidrio reloj • Estufa 120 °C - 30 minutos • Desecador 10 minutos • Pesar • Hasta peso constante <ol style="list-style-type: none"> 1. Pesar 50 gr. de muestra; previamente hecho el demuestre 2. Pasar el vidrio reloj tarado 3. Poner en la estufa a 65°C durante 4 horas 4. Pasar al desecador por 10 minutos 5. Pesar 	<p>El contenido de humedad en el maíz entero se calcula mediante:</p> $\% H = \frac{(m_2 - m_1)}{m_2} \times 100$ <p>Determinación de la humedad Dónde:</p> <p>H=Contenido de humedad en porcentajes de masa.</p> <p>m₁= muestra seca en gramos</p> <p>m₂= muestra humedad.</p>

FUENTE:(PEE/LAB - CESTTA/80AOAC/Gravimétrico)

2.4.3. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

TABLA 2.4.3.-1
Determinación de proteína de la harina de sangre

FUNDAMENTO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>El nitrógeno de las proteínas y otros compuestos se transforman en sulfato de amonio al ser digeridas en ácido sulfúrico en ebullición.</p> <p>El residuo se enfría, se diluye con agua y se le agrega hidróxido de</p>	<p>Equipo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aparato de digestión y destilación Macro Kjeldahl. • Balones Kjeldahl de 800 ml. • Buretas. • Probetas. • Frascos Erlenmeyer de 500 ml. • Soporte universal. • Agitador magnético. • Barra de agitación. • Papel Bonn 	<p>a. Digestión</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pese en los papeles Bonn alrededor, 1gr. de muestra con aproximación 0.1 mg para esto pese primero el papel, luego proceda a pesar el papel más la muestra y registra estos pesos. 2. Introduzca la muestra con papel en los balones de Kjeldahl de 800 ml 3. Añada en cada balón aproximadamente 10 gr de catalizador 4. Agregue 40 cc. de H₂SO₄ concentrado de cada balón 5. Coloque los balones en los digestores del equipo Kjeldahl prenda el extractor de vapores y luego los calentadores individuales del equipo 6. Deje que se digiera la muestra hasta que tome un color verde claro, esto conseguimos en aproximadamente 1 ½ horas (Etapas de la 	<p>Se calcula mediante:</p> $\% P = \frac{V \times N \times 0.014 \times 6.25}{P_m} \times 100$ <p>Determinación de proteína</p> <p>Dónde :</p> <p>% P = Porcentaje de proteína</p>

FUENTE: (Método/Norma PEE/LAB – CESTTA/104 AOAC/Volumétrico)

TABLA 2.4.3-2
Determinación de proteína de la harina de sangre

<p>Sodio.</p> <p>El amonio presente se desprende y a la vez se destila y se recibe en una solución de ácido bórico que luego se titula con ácido sulfúrico estandarizado.</p>	<p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • H₂SO₄ concentrado. • NaOH AL 50%. • Catalizador: 800 g de sulfato de potasio, 50g de sulfato cúprico, 50g de dióxido de selenio. • H₃BO₃ AL 4%. • Indicador mixto: Rojo de Metilo y Verde de Bromocresol. • HCl estandarizado 0.1 N 	<p>b. Destilación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disolver la muestra con 4 mL de agua destilada. • Colocar la muestra en el destilador y añadir 10 mL de hidróxido de sodio al 50% más tiosulfato de sodio al 5% (4:1). • Destilar recogiendo el destilado en 6 mL de ácido bórico al 4% hasta obtener 15 mL <p>c. Titulación</p> <p>Al destilado se agrega 2 gotas del indicador mixto y se titula con ácido clorhídrico 0,022 N, hasta que la solución cambie de color</p>	<p>V = mililitros de ácido gastado en la muestra</p> <p>N = normalidad del ácido titulante</p> <p>6.25 = factor proteico</p> <p>Pm = peso de la muestra en gramos.</p> <hr/>
---	---	---	--

FUENTE: (Método/Norma PEE/LAB – CESTTA/104 AOAC/Volumétrico)

2.4.4. DETERMINACIÓN DE GRASA

TABLA 2.4.4-1
Determinación de grasa de la Harina de sangre.

FUNDAMENTO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
El hexano se evapora y se condensa continuamente y al pasar a través de la muestra extrae materiales solubles en el solvente orgánico. El extracto se recoge en un beaker y cuando el proceso se completa el hexano se destila y se recolecta en otro recipiente, y la grasa que queda en el beaker se seca y se pesa.	Equipo SOXHLET Reverbero Hexano	<p>-Pesar 1 gramos de muestra, colocar en un papel filtro cerrado</p> <p>-El papel filtro más la muestra colocarlo en un dedal de papel filtro y en el interior del equipo SOXHLET, embonar en el equipo y en el balón añadir un volumen de hexano</p> <p>-Someter a calentamiento por 8 horas</p> <p>-Luego de este tiempo sacar el cono de papel filtro y colocar seguido el balón que contiene el solvente-graso, para recuperar el solvente y nos quede solo la grasa</p> <p>-Secar la grasa en la estufa, pesar y determinar.</p>	<p>Se calcula mediante la ecuación:</p> $EE\% = \left[\frac{(m_2 \cdot m_1)}{p} \right] \times 100$ <p>Dónde:</p> <p>m₁ = masa en gramos del balón vacío</p> <p>m₂ = masa en gramos del balón con la muestra tras el desecado</p> <p>p = peso de la muestra en gramos.</p>

FUENTE:(Método /Norma PEE/LAB-CESTTA/102 AOAC/Gravimétrico)

2.5. DATOS EXPERIMENTALES

2.5.1. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE

TABLA No. 2.5.1.-1
Diagnostico Actual de la Harina de Sangre

Formas de expresión	Parámetros	Resultados	Lugar del análisis	Secador de prototipo De ensayo
Sangre liquida	Humedad	76,2	CESTTA	Secador de bandejas del Laboratorio de Operación Unitarias
	Cenizas	3,01		
	Grasa	0,32		
	Proteína	12,92		
Harina de sangre	Humedad	39,34		
	Grasa	3,78		
	Cenizas	0,33		
	Proteína	51,42		

Fuente: Laboratorio CESTTA (Ver ANEXO 1) ESTÁNDAR (NORMA INEN 2050:95)

2.5.2. DATOS PROCESADOS PARA OBTENER LAS DIFERENTES VARIABLES

TABLA No. 2.5.2.-1
DATOS PROCESADOS PARA OBTENER LAS DIFERENTES VARIABLES

MUESTRAS								
TEMPERATURA			80 C		90 C		100 C	
N	(horas)	P (g)	% Humedad perdida	%Humedad	% Humedad perdida	%Humedad	% Humedad perdida	%Humedad
1	0	0,200		39,3		39,34		39,34
2	0,16	0,197	3,0	36,3	4,0	35,34	5,0	34,3
3	0,33	0,193	4,0	32,3	5,0	30,34	6,0	28,3
4	0,50	0,189	4,0	28,3	5,0	25,36	6,0	22,3
5	0,66	0,186	33,	25,3	3,0	22,34	3,0	19,3
6	0,83	0,184	2,0	23,3	3,0	19,34	2,0	17,6
7	1,00	0,182	2,0	21,3	2,0	17,3	2,0	15,8
8	1,16	0,180	2,0	19,3	2,0	15,3	2,0	13,9
9	1,33	0,178	2,0	17,3	2,0	13,34	2,0	11.17
10	1,50	0,176	2,0	15,3	2,0	12,34		
11	1,66	0,174	2,0	13,3	1,0	11,34		
12	1,83	0,173	1,0	12,34				
13	2,00	0,172	1,0	11,34				

Fuente: MORETA M. 2012

2.5.3. DATOS PROCESADOS PARA OBTENER EL CAUDAL DEL SÓLIDO

2.5.3.1. DATOS ADICIONALES.

TABLA No. 2.5.3-1
CAUDAL DEL SOLIDO

Masa sólido(kg)	Tiempo de secado a 100 C (h)	CAUDAL SÓLIDO(kg/h)
0,200	1,20	0,167

Fuente: MORETA M. 2012

2.5.3.2. DATOS ADICIONALES (MASA DE AGUA ELIMINADA)

TABLA No. 2.5.3-2
MASA DE AGUA ELIMINADA

Masa inicial(kg)	Masa final (kg)	mi –mf (kg)
0,200	0,172	0,028

Fuente: Moreta M. 2012

2.6. DATOS ADICIONALES

TABLA No 2.6-1
DATOS ADICIONALES

Propiedad	Parámetro
Densidad (kg/m^3)	998,2
Viscosidad (kg/m.s)	$1,009 \cdot 10^{-3}$
Capacidad calorífica de la Harina de Sangre(kcal/kgC)	0,3
$H_{H_2O(20C)}$ (kcal/kg)	20,03
$H_{H_2O(90)}$ (kcal/kg)	89,98

$H_{\text{vapor sat (90)}}(\text{kcal/kg})$	635,1
δ_{as} = densidad del aire a 100C	(0,946 Kg / m ³)
Temperatura (°C)	20
Calor especifico del aire(kcal/kgC)	0,24

Fuente: SEPARATA DE OPERACIONES BÁSICAS DE INGENIERÍA QUÍMICA. 2008

CAPITULO III

3. DISEÑO DE UN SECADOR TIPO TÚNEL PARA DESHIDRATACIÓN DE LA HARINA DE SANGRE EN EL CAMAL FRIGORICO DE RIOBAMBA

3.1. CÁLCULOS

3.1.1. Cálculo de la velocidad de secado y del tiempo de secado para los diferentes periodos

De acuerdo a la curva de velocidad de secado habrá un periodo de velocidad de secado constante y otro de velocidad de secado decreciente.

- **Período Constante o Anticrítico(Para calcular la velocidad constante)**

Hacemos uso de la Ec: 1.4.1-1 Cinética de Secado y de la TABLA No. 3.3.1-1

$$W_c = \frac{S}{A} \left(-\frac{\Delta x}{\Delta \theta} \right)$$

$$W_c = \frac{S}{A} \left(-\frac{\Delta x}{\Delta \theta} \right)$$

$$W_c = \frac{0,172}{0,182} \left[-\frac{0,116-0,080}{0,333-0,500} \right]$$

$$W_c = 0,200 \frac{kg}{hm^2}$$

- **Para calcular el tiempo de secado en condiciones constantes.**

Se lo hace a partir de la Ec: 1.4.1-6. Y de la tabla 3.3.1-1 Que es la siguiente:

$$\theta_a = \frac{S}{A} \left(\frac{X_i - X_c}{W_c} \right)$$

Solución:

$$\theta a = \frac{S}{A} \left(\frac{X_i - X_c}{W_c} \right)$$

$$\theta a = \frac{0,172}{0,182} \left(\frac{0,116 - 0,080}{0,200} \right)$$

$$\theta a = 0,170h$$

- **Período Decreciente o Poscrítico**

3.1.2. Método de Integración Gráfica

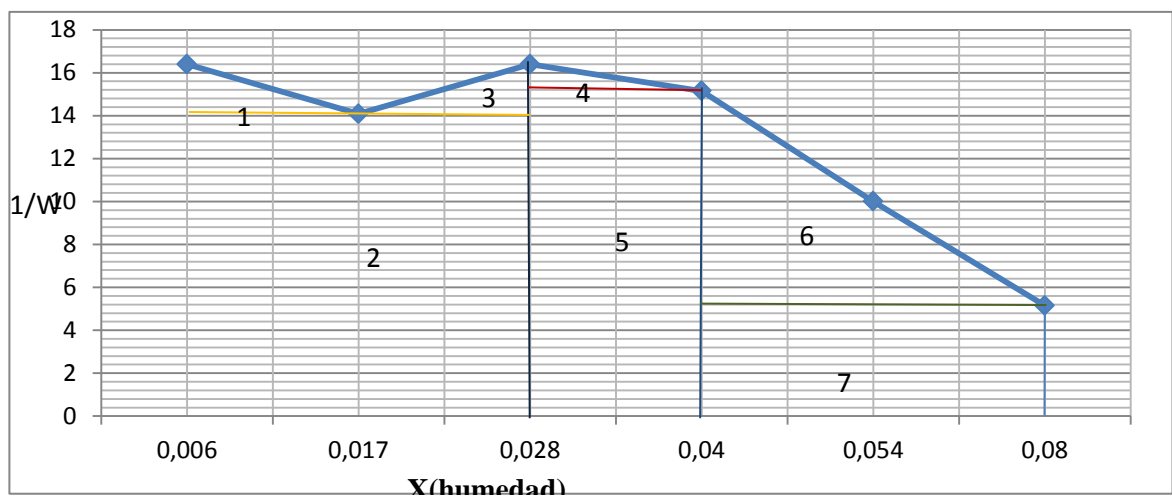
Para el periodo de velocidad decreciente desde $x_c = 0,080$ hasta $x_f = 0,006$ tenemos:

TABLA 3.1.2-1
Humedad x en función de 1/W

X	W	1/W
0,08	0,194	5,15
0,054	0,1	10,00
0,04	0,066	15,15
0,028	0,061	16,39
0,017	0,071	14,08
0,006	0,061	16,39

Fuente: MORETA M. 2012

Se grafica las variables de 1/W en función de x, y se determina el área bajo la curva:



Fuente: MORETA M. 2012

Fig. 3.1.2-1 Curva de Humedad x en función de 1/W

3.1.2.1. Cálculo para determinar el área bajo la curva

$$\text{Área} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7$$

$$\begin{aligned}\text{Área} = & (0,011 \times 2,39/2) + (0,022 \times 14) + (0,011 \times 2,39/2) + (0,012 \times 1,14/2) + (0,012 \times 15,25) \\ & + (0,04 \times 10,00/2) + (0,04 \times 5,25)\end{aligned}$$

$$\text{Área} = 0,934$$

(a) Sustituyendo en la Ec 1.4.1-6 tenemos:

$$\theta p = \frac{S}{A} \int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{W}$$

$$\theta p = \frac{0,172}{0,182} \int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{W}$$

$$\theta p = \frac{0,172}{0,182} (0,934)$$

$$\theta p = 0,883 \text{ h}$$

(b) El tiempo total de secado es

$$\theta T = \theta a + \theta p$$

$$\theta T = 0,170 + 0,883$$

$$\theta T = 1,053 \text{ h}$$

(c) Entonces sustituyendo los datos en la Ec. 1.4.1-4 tenemos la velocidad decreciente:

$$Wd = \frac{S}{A} (Xc - Xf) / \theta p$$

$$Wd = \frac{0,172}{0,182} (0,080 - 0,006) / 0,883$$

$$W_d = 0,079 \frac{kg}{hm^2}$$

La velocidad total es: **Ec. 1.4.1-5**

$$W_T = W_c + W_d$$

$$W_T = 0,200 + 0,079$$

$$W_T = 0,279 \frac{kg}{hm^2}$$

Método analítico:

- 1) Tomando en cuenta la línea de secado entre los puntos C y D de carácter rectilínea, se puede calcular el tiempo de secado entre los intervalos siguientes y a través de la

Ec.1.4.1-8 (a):

$$x_c = 0,080 \text{ y } x_p = 0,040$$

$$\theta_p = \frac{S}{A} \frac{(x_c - x_f)}{(W_c - W_f)} \ln \frac{W_c}{W_f}$$

$$\theta_p = \frac{0,172}{0,182} \frac{(0,080 - 0,040)}{(0,200 - 0,079)} \ln \frac{0,200}{0,079}$$

$$\theta_p = 0,289 \text{ h}$$

El tiempo de secado entre D y E se determina gráficamente entre los límites de 0,04 y 0,006, y el resultado es el Área (0,096) = Tiempo (0,385h)

Por este método, el tiempo de secado proscritico da:

$$\theta_p = 0,289 + 0,385$$

$$\theta_p = 0,674$$

El tiempo total de secado es la siguiente:

$$\theta T = \theta a + \theta p$$

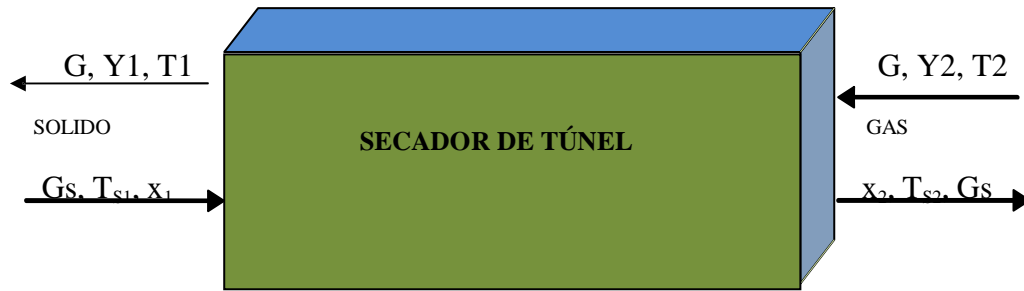
$$\theta = 0,170 + 0,674$$

$$\theta = 0,844 \text{ h}$$

El valor de tiempo encontrado por esta forma de cálculo es considerablemente cercano al que se determinó por el método de integración gráfica.

3.2. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL SECADOR DE TÚNEL (CÁLCULO DE LA LONGITUD)

3.2.1. BALANCE DE MASA



Graf. 3.1.4.1.1-1 Secador de Túnel

$$x_1 G_s + Y_2 G = x_2 G_s + Y_1 G$$

$$0,39 \times 0,167 + 0,009G = 0,11 \times 0,167 + Y_1 G$$

$$0,065 + 0,009G = 0,018 + Y_1 G$$

$$Y_1 G = 0,047 + 0,009G \quad \text{Ec. (a)}$$

3.2.2. BALANCE DE ENERGÍA

$$H_1 (\text{entalpia solido}) G_s + H_2 (\text{entalpia aire}) G = H_2 (\text{entalpia solido}) G_s + H_1 (\text{entalpia aire}) G + q$$

3.2.2.1. CALCULO DE LAS ENTALPIAS DEL SOLIDO

Para el cálculo de las entalpias tanto de la entrada y salida se utilizara la Ec. 1.4.2-3

Entrada

$$H_1 (\text{solido entrada}) = (C_{ps} + x_1) T_{s1}$$

$$H_1 = (0,3+0,39) \times 32 \frac{\text{kcal}}{\text{kgC}} \cdot C$$

$$H_1 = 13,8 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

Salida

$$H_2 (\text{solido salida}) = (Cps + x_2) Ts_2$$

$$H_2 = (0,3 + 0,65) \times 65 \frac{\text{kcal}}{\text{kgC}} \cdot C$$

$$H_2 = 26,65 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

3.2.2.2. CALCULO DE LAS ENTALPIAS DEL AIRE

En las entalpias del aire se utilizara la Ec: 1.4.2-4

Entrada

$$H_2 (\text{aire entrada}) = (0,24 + 0,46 Y_2) T_2 + 597,2 Y_2$$

$$H_2 = (0,24 + (0,46 \times 0,009)) \times 100 + (597,2 \times 0,009)$$

$$H_2 = 29,788 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

Salida

$$H_1 (\text{aire salida}) = ((0,24 + 0,46 Y_1)) T_1 + 597,2 Y_1$$

$$H_1 = 13,2 + 25,3 Y_1 + 597,2 Y_1$$

$$H_1 = 13,2 + 622,5 Y_1 \quad \text{Ec. (c)}$$

El cálculo de la cantidad necesaria de aire y su humedad de salida se efectúa por aplicación de un balance simultáneo de materia y energía con $q=0$, pues no hay pérdidas de calor:

$$H_1 (\text{entalpia solido entrada}) G_s + H_2 (\text{entalpia aire entrada}) G = H_2 (\text{entalpia solido}) G_s + H_1 (\text{entalpia aire salida})$$

$$\dot{Q} + q$$

$$(13,8) \times (0,167) + 29,788 G = (26,65) \times (0,167) + (13,2 + 622,5 Y_1) G$$

$$2,304 + 29,788 G = 4,45 + 13,2 G + 622,5 Y_1 G$$

$$16,588 G = 2,15 + 622,5 Y_1 G$$

$$Y_1 G = 0,026 G - 3,5 \times 10^{-3} \text{ Ec. (b)}$$

Remplazando (a) en (b) se tiene:

$$0,047 + 0,009G = 0,026 G + 3,5 \times 10^{-3}$$

$$G = 2,97 \frac{\text{kg aire seco}}{\text{h}}$$

Este aire será calentado mediante vapor proveniente de una caldera, en serpentines auxiliares. Como en este calentamiento por contacto indirecto la humedad absoluta del aire se mantiene constante.

3.2.2.3. CALCULO DE LA HUMEDAD DE SALIDA DEL AIRE

A partir de la cantidad de aire a suministrar se obtendrá la humedad del aire a la salida.

$$Y_1 G = 0,047 + 0,009 G \text{ Ec. (c)}$$

$$Y_1 (2,97) = 0,047 + 0,009(2,97)$$

$$Y_1 = 0,025 \text{ kg H}_2\text{O/ kg de aire seco}$$

3.2.2.4. CALCULO DE LA ENTALPIA DEL AIRE A LA SALIDA

$$H_1 = 13,2 + 622,5 Y_1$$

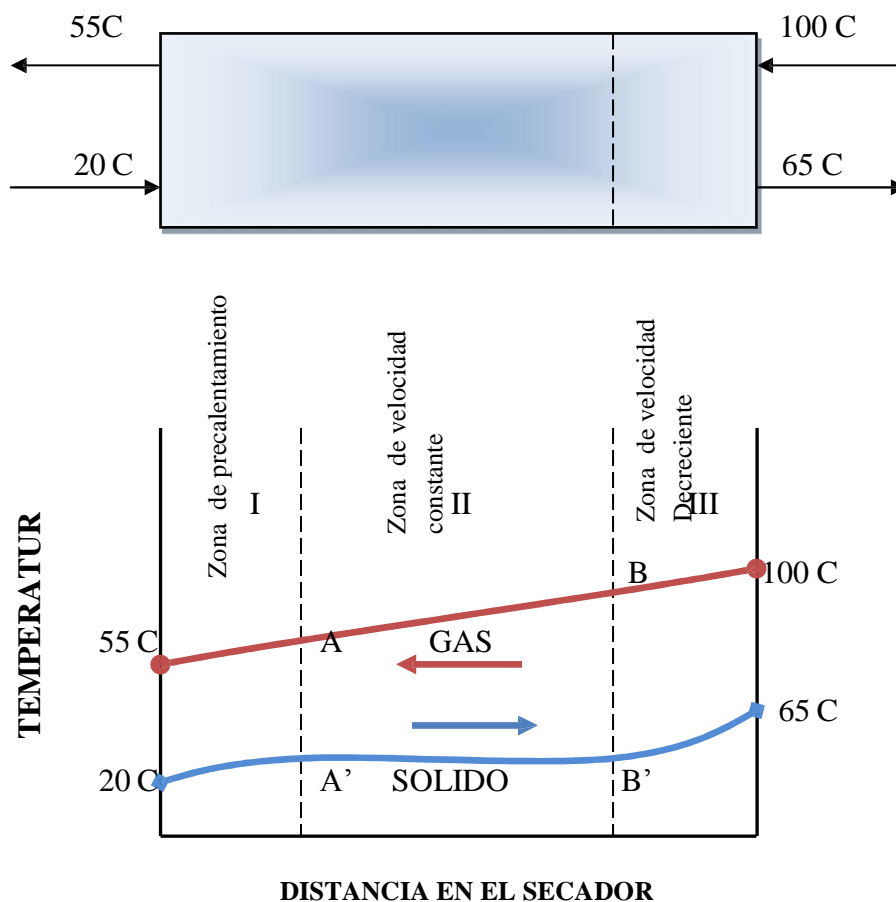
$$H_1 = 13,2 + 622,5(0,025)$$

$$H_1 = 28,8 \frac{kcal}{kg}$$

3.2.2.5. CALCULO DE LA CANTIDAD DE CALOR PERDIDO

Las pérdidas de calor al exterior se estima en un 10% de la entalpia total de aire de entrada a través de la Ec: 1.4.2-17

Tomaremos para la temperatura de interface de la zona II el valor de 32 C



Graf. 3.2.2.5-1 Distancias y Temperaturas en el Secador

3.2.2.6. CALCULO DE LAS ENTALPIAS DEL SOLIDO EN LA ZONA II

Las entalpias del sólido en los extremos de estas zonas son obtenidas por medio de la Ec: 1.4.2-3

$$H'_{A \text{ (entrada zona II)}} = (0,30 + 0,39) \times 32 = 22,8 \frac{kcal}{kg}$$

$$H'_{B \text{ (salida zona II)}} = (0,30 + 0,11) \times 32 = 13,12 \frac{kcal}{kg}$$

3.2.2.7. CALCULO DEL NÚMERO DE ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN

El cálculo del número de elementos de transmisión ha de efectuarse separadamente para cada zona.

Vamos a suponer que en estas zonas I y III las pérdidas totales de calor son de 10%, mientras que en la zona II son de 40%. La zona III será la más corta dado que la diferencia de temperatura es la más elevada. Dado la metodología utilizada por el Texto de OCON/ TOJO, G. Problemas de Ingeniería Química. 2ed. Santiago: Chile, Pp. 240-306. V. 2.

3.2.2.8. CALCULO DEL NÚMERO DE ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN EN LA ZONA III

El cálculo de temperatura de salida del aire de esta zona se efectúa por un balance entalpico.

3.2.2.9. CALCULO DEL CALOR CEDIDO POR EL AIRE

$$G \times c \times (T_2 - T'_B) = G \times c \times (T_1 - T_B)$$

$$2,97 \times 0,24(100 - T_B) = G \times c (T_1 - T_B)$$

3.2.2.10. CALCULO DEL CALOR ABSORBIDO POR EL SOLIDO

$$G \times (H_2 - H'_B) = \text{kcal/h}$$

$$0,167 \times (26,65 - 13,12) = 2,26 \frac{kcal}{h}$$

3.2.2.11. CALCULO DEL CALOR PERDIDO AL EXTERIOR

$$\% - q = \text{kcal/h}$$

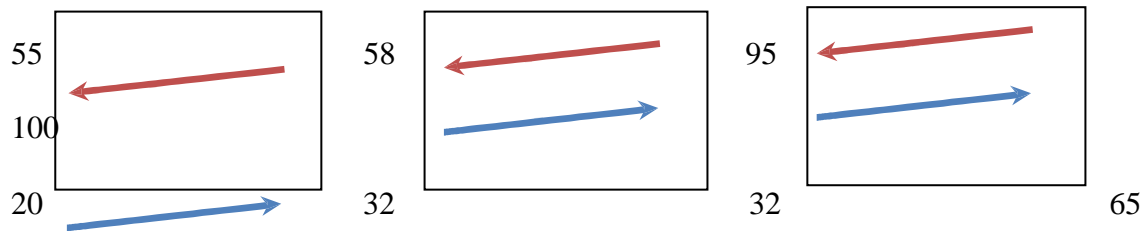
$$0,10 \times 8,85 = 0,885 \frac{kcal}{h}$$

En consecuencia

$$2,97 \times 0,24 \times (100 - T_B) = (2,26 + 0,885)$$

$$T_B = 95,6C$$

La diferencia media de temperaturas entre el aire y el sólido para esta zona



Fuente: MORETAM. 2012

Fig. 3.2.2.11-1 Diferencias de temperaturas en cada zona

$$(\Delta T)_{log} = (63 + 35) / 2 = 49 C$$

Si no hubiera pérdidas al exterior, la temperatura de salida del aire de esta zona seria

$$2,97 \times 0,24 \times (100 - T_B) = 2,26$$

$$T_B = 96,82 C$$

Por consiguiente:

$$\Delta T' = 100 - 96,82$$

$$\Delta T' = 3,18C$$

Números de elementos de transmisión para esta zona será obtenida de la Ec: 1.4.2-7

$$(N_{OT})_{III} = \Delta T' / (\Delta T)_{log}$$

$$(N_{OT})_{III} = 3,18 / 49 = 0,06$$

3.2.2.12. CALCULO DEL NÚMERO DE ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN EN LA ZONA I

Por balance entalpico calculamos la temperatura de entrada a esta zona:

$$G \times c \times (T_A - T_1) = G_s \times (H_A - H_1) + \% \times q$$

$$2,97 \times 0,26 \times (T_A - 55) = 0,167(22,08 - 13,8) + 0,10 \times 8,85$$

$$T_A = 58 \text{ C}$$

Diferencia media de temperaturas entre el aire y el sólido para esta zona

$$(\Delta T)_{log} = 26 + 35/2 = 31 \text{ C}$$

Si no hubiera pérdidas al exterior:

$$G(0,26) \times (T_A - 55) = 0,167 \times (22,08 - 13,8)$$

$$2,97 \times (0,26) \times (T_A - 55) = 1,38$$

$$T_A = 56,8 \text{ C}$$

$$\Delta T_A = T_A - 55$$

$$\Delta T_A = 56,8 - 55$$

$$\Delta T_A = 1,8$$

El número de elementos de transmisión de acuerdo a la Ec: 1.4.2-7 será

$$(N_{OT})_I = 1,8/31 = 0,06$$

3.2.2.13. CÁLCULO DEL NÚMERO DE ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN EN LA ZONA II

3.2.2.14. DISMINUCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL GAS EN ESTA ZONA

$$\Delta T = T_B - T_A$$

$$\Delta T = 95,6 - 57,95 = 37,65 \text{ C}$$

3.2.2.15. DISMINUCIÓN DE LA TEMPERATURA POR PÉRDIDAS DE CALOR AL EXTERIOR

$$\Delta T_p = x_1 \times q / G \times \%$$

$$\Delta T_p = 0,39 \times 8,85 / 2,97 \times 0,04$$

$$\Delta T_p = 29,1 \text{ C}$$

3.2.2.16. DISMINUCIÓN DE TEMPERATURA DEL GAS SI NO EXISTIERAN PÉRDIDAS

$$\Delta T' = \Delta T - \Delta T_p$$

$$\Delta T' = 37,65 - 29,1 = 8,55^\circ\text{C}$$

Diferencia media de temperaturas entre el aire y el sólido para esta zona

$$(\Delta T) \log = \frac{63 - 26}{\ln \frac{63}{26}} = 42,05^\circ\text{C}$$

Número de elementos de transmisión para esta zona mediante la Ec: 1.4.2-7

$$(N_{OT})_{II} = 8,55 / 42,05 = 0,203$$

El número total de elementos de transmisión para el secadero de túnel será

$$N_{OT} = 0,06 + 0,06 + 0,203 = 0,323$$

3.2.2.17. CÁLCULO DE LA ALTURA DEL ELEMENTO DE TRANSMISIÓN

Para el cálculo de la altura del elemento de transmisión se utiliza la Ec: 1.4.2-8

$$H_{OT} = 57 \times c \times G^{0,2} / a$$

$$H_{OT} = 57 \times 0,24 \times 2,97^{0,2} / 2,862$$

$$H_{OT} = 5,94$$

Para el cálculo de la longitud del secador de túnel se determinara mediante la Ec:

1.4.2-9

$$z = ((H_{OT} * N_{OT}))_I + ((H_{OT} * N_{OT}))_{II} + ((H_{OT} * N_{OT}))_{III}$$

$$z = (5,94) \times 0,06 + 5,94 (0,06) + 5,94 (0,203)$$

$$z = 1,93 \text{ m}$$

3.2.2.18. CALCULO DEL CALOR SENSIBLE (CS)

Para calentar la cantidad de agua desde 20 °C hasta la temperatura de saturación de 90°C que es la temperatura a la cual hierve el agua en la ciudad de Riobamba a la cual se encuentra a una presión de 545 mm de Hg. Por medio de la carta psicométrica se halla

la temperatura de saturación, los valores de entalpia H del agua se toma de las tablas de relación agua - vapor “Propiedades Termodinámicas del vapor de agua saturada”, (Se encuentra en la separata). Tabla 2.6- Datos adicionales.

$$C_s: H_{\text{agua } (86)} - H_{\text{agua } (20)} \text{ Ec 1.4.2-11}$$

$$C_s = (89,98 - 20,03) \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$C_s = 69,95 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

3.2.2.19. CÁLCULO DEL CALOR LATENTE (C_L)

Dado por la Ec. 2.4.2-12

$$C_L: (H_{\text{vapor sat } (90)} - H_{\text{agua sat } (90)})$$

$$C_L: (635,1 - 89,98) \text{ kcal /kg}$$

$$C_L = 545,12 \text{ kcal /kg}$$

Calculo del calor suministrado para llevar de 20C a 90C de vapor saturado

$$q_s = \text{calor sensible} + \text{calor latente Ec. 1.4.2-13}$$

$$q_s = (69,95 + 545,12) \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$q_s = 615,07 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

Transformamos a Kilocalorías y tenemos:

$$q_s = 615,07 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \times 0,167 \text{ kg}$$

$$q_s = 102,72 \text{ kcal}$$

3.2.2.20.CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CALOR NECESARIO PARA CALENTAR LA BASE SECA DEL MATERIAL DESDE 20 C A 65C

De acuerdo a la Ec. 1.4.2-14

$$Q = mC_p\Delta T$$

$$C_{ps} = \text{calor específico del sólido} = 0,30 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

mH₂O eliminada = masa del agua eliminada = 0,028 kg (TABLA No. 2.5.4)

ΔT = variación de temperatura = (65C – 20C) = 45C

$$Q = 0,028 \text{Kg} \times 45\text{C} \times 0,30 \frac{\text{kcal}}{\text{kgC}}$$

$$Q = 0,378 \text{ Kcal}$$

3.2.2.21.CÁLCULO DEL CALOR TOTAL NECESARIO PARA CALENTAR EL SISTEMA

$$Q_T = q_{\text{vapor saturado}} + Q_{\text{sistema}} \text{ Ec: 1.4.2-15}$$

$$Q_T = (102,72 + 0,378) \text{ Kcal}$$

$$Q_T = 103,01 \text{ Kcal}$$

3.2.2.22.CÁLCULO DEL CALOR QUE DEBE SUMINISTRAR LOS SERPENTINES

$$Q_{\text{serpentín}} = G (H_2 (\text{aire entrada}) - H_{\text{aire atmosférico}}) \text{ Ec: 1.4.2-16}$$

$$Q_{\text{serpentín}} = 0,297 \frac{\text{kg}}{\text{h}} (29,788 - 11,142) \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$Q_{\text{serpentín}} = 55,38 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

Ahora para elevar la temperatura hasta 100 C que se necesita para secar la harina de sangre, se utilizará vapor saturado proveniente del caldero del Camal Municipal del Cantón Riobamba donde el manómetro del caldero debe darnos una presión de :

Si 760 mmHg = 1 at

$$545 \text{ mm Hg} \quad x = 0,717 \text{ at} \times \frac{1,033 \text{ kg/cm}^2}{1 \text{ at}} \times 0,703 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

A esta presión se tiene una temperatura de 90 C y se tiene una presión de 10 psi.

Entonces se tiene que a la temperatura de 100 C se tiene una presión de 1.03323 kg/cm² = 14,2 psi. Por ende si a 10 psi se tiene que el calor latente es de 637,05 kcal / kg.

A 14,3 psi se tiene un valor de 936,5 kcal / kg de calor latente.

Por lo tanto se debe suministrar:

$$\text{Vapor a suministrar} = Q_{\text{serpentin}} / \text{calor latente del vapor}$$

$$\text{Vapor a suministrar} = 55,38 / 936,5 \frac{\frac{\text{kcal}}{\text{h}}}{\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}}$$

$$\text{Vapor a suministrar} = 0,06 \text{ kg / h}$$

El consumo específico de vapor es entonces: multiplicando por 0,5 horas del proceso

$$e_{\text{especifico}} = 0,03 \text{ kg}$$

de vapor por kilogramo de agua evaporada desde el sólido. Este consumo se debe a que además de evaporar, hay que calentar el sólido.

3.2.2.23.CÁLCULOS ADICIONALES

3.2.2.24.CANTIDAD DE AIRE NECESARIO QUE DEBE SUMINISTRAR EL VENTILADOR

$$\delta_{\text{as}} = \frac{\text{mas}}{\text{Vaire}} \quad \text{Ec: 1.4.2-17}$$

Despejamos la ecuación y tenemos:

$$V_{\text{aire}} = m_{\text{as}} / \delta_{\text{as}}$$

Se obtiene:

$$V_{\text{aire}} = 2.97 / 0.946 \frac{\text{kg aire seco}}{\text{kg/m}^3}$$

$$V_{\text{aire}} = 3.14 \text{ m}^3$$

3.2.2.25. CAUDAL NECESARIO DE AIRE

$$Q_{\text{aire}} = \frac{V_{\text{aire}}}{t} \quad \text{Ec: 1.4.2-18}$$

El tiempo requerido es de 0,5 horas:

$$Q_{\text{aire}} = 3.14 / 0.5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Q_{\text{aire}} = 6.28 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.2.2.26. VELOCIDAD DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Dada la Ec. 1.4.19 se tiene

$$v = \Delta x / t$$

Δx = desplazamiento de descarga (4m)

$$v = 4 / 60 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = 0.06 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

3.2.2.27. CALCULO DE LA EFICIENCIA DEL EQUIPO

Para calcular la eficiencia del secador como punto de referencia tenemos la materia prima de entrada y el producto deshidratado con sus respectivas fracciones de humedad.

$$E = \frac{\text{harina de sangre seco}}{\text{harina de sangre humedo}} \times 100$$

$$E = 0.1721 / 0.200 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \times 100$$

$$E = 86 \%$$

La eficacia en un equipo de secado para alimentos está basado en que el producto conserve su valor nutricional durante la deshidratación, en nuestro caso el de la harina de sangre conservo su valor nutritivo, en lo que tiene que ver a proteínas, grasa y fibra y su humedad para brindar un producto de buena calidad.

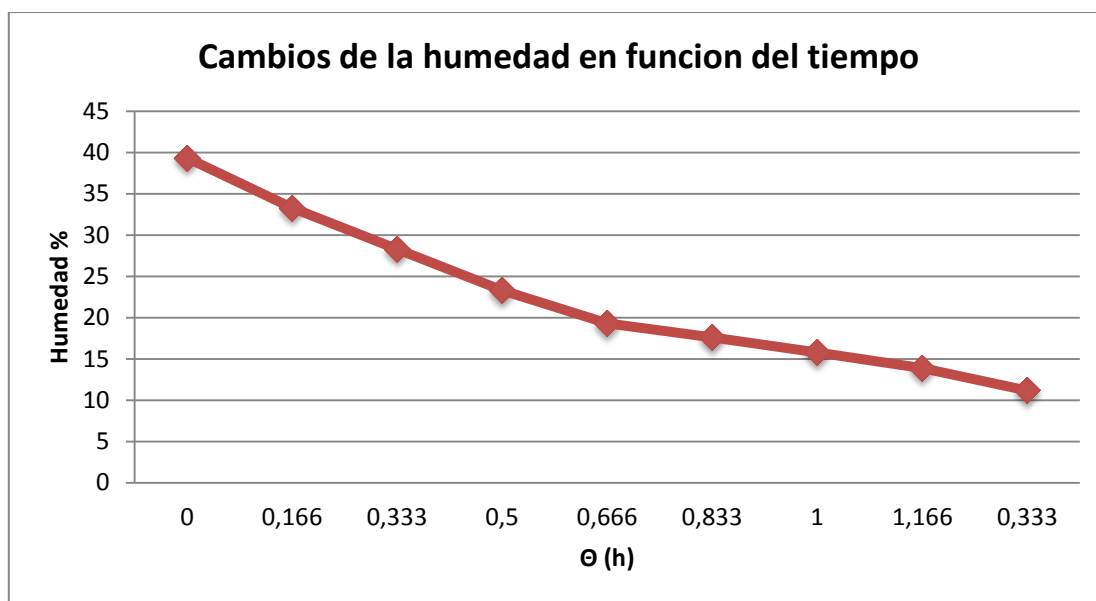
3.3. RESULTADOS

3.3.1. CURVAS DE HUMEDAD EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

TABLA 3.3.1-1 CURVAS DE HUMEDAD EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

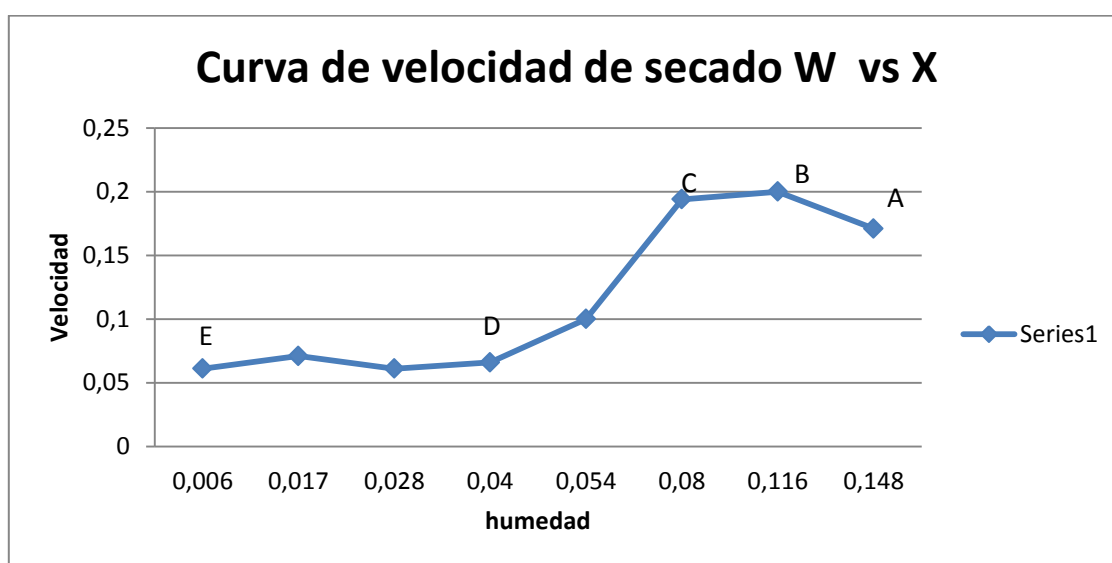
N°	Θ (h)	P (kg)	Humedad total (kg)	X (kg/kg)	X media	$\Delta\theta$	W (kg/hm ²)	% Humedad perdida	%Humedad
1	0	0,200	0,039	0,163	-	-	-		39,34
2	0,166	0,195	0,034	0,134	0,148	0,16	0,171	5,0	34,3
3	0,333	0,189	0,028	0,098	0,116	0,17	0,200	6,0	28,3
4	0,500	0,183	0,022	0,063	0,080	0,17	0,194	6,0	22,3
5	0,666	0,180	0,019	0,046	0,054	0,16	0,100	3,0	19,3
6	0,833	0,178	0,017	0,034	0,040	0,17	0,066	2,0	17,6
7	1,00	0,176	0,015	0,023	0,028	0,17	0,061	2,0	15,8
8	1,166	0,174	0,013	0,011	0,017	0,16	0,071	2,0	13,9
9	0,333	0,172	0,011	0,000	0,006	0,17	0,061	2,0	11,17

FUENTE: MORETA M. 2012



Fuente: MORETA M. 2012

Fig. 3.3.1-1(a) 1(Curva de Humedad en funcion del tiempo)



Fuente: MORETA M., 2012

Fig. 3.3.1-2 (b) 1(Curva de Velocidad vs Humedad)

Curvas típica de velocidad de secado para condiciones de secado constante:

(a) Grafica de los datos como humedad libre en función del tiempo, (b) Curva de velocidad de secado en función del contenido de humedad libre.

3.3.2. CURVAS DE VELOCIDAD EN FUNCIÓN DE LA HUMEDAD

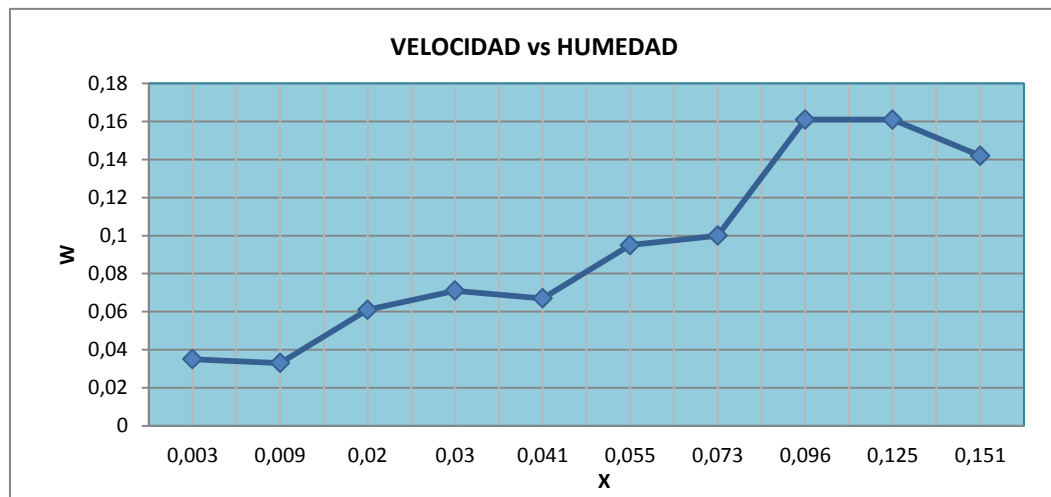
TABLA 3.3.2-1
RESULTADOS DE LA VELOCIDAD DE SECADO EN FUNCIÓN DEL
HUMEDAD

80C		90C		100C	
X (kg/kg)	W (kg/hm ²)	X (kg/kg)	W (kg/hm ²)	X (kg/kg)	W (kg/hm ²)
0,153	0,100	0,151	0,142	0,148	0,171
0,133	0,128	0,125	0,161	0,116	0,200
0,111	0,127	0,096	0,161	0,080	0,194
0,09	0,106	0,073	0,100	0,054	0,100
0,075	0,066	0,055	0,095	0,040	0,066
0,064	0,061	0,041	0,067	0,028	0,061
0,053	0,065	0,03	0,071	0,017	0,071
0,041	0,067	0,02	0,061	0,006	0,061
0,03	0,067	0,009	0,033		
0,018	0,059	0,003	0,035		
0,009	0,039				
0,003	0,033				

Fuente: MORETA M. 2012

❖ Una vez aplicadas las distintas ecuaciones podemos llegar a representar los datos de la velocidad de secado en función de la humedad podemos observar que al principio no es estable debido a que inicia el secado y posteriormente vemos que tiende a estabilizarse debido a que las variables permanecen constantes.

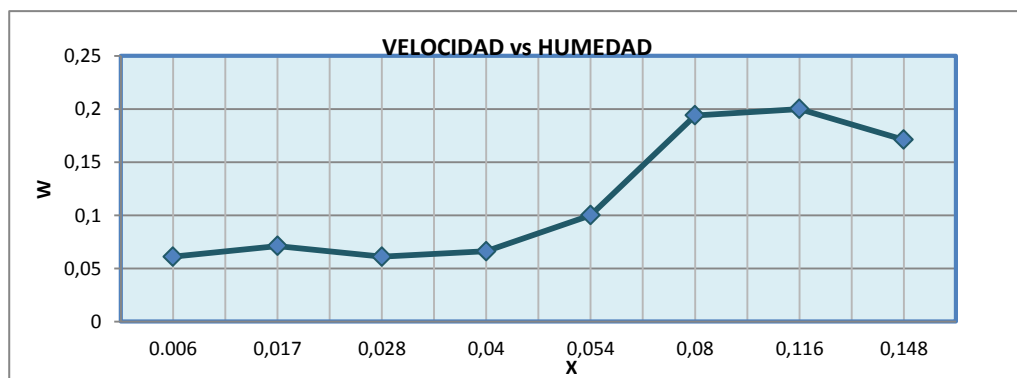
A una temperatura más elevada podemos ver que se distinguen fácilmente los periodos de velocidad constate debido a la mayor estabilidad durante el proceso de deshidratación del contenido de humedad.



Fuente: MORETA M. 2012

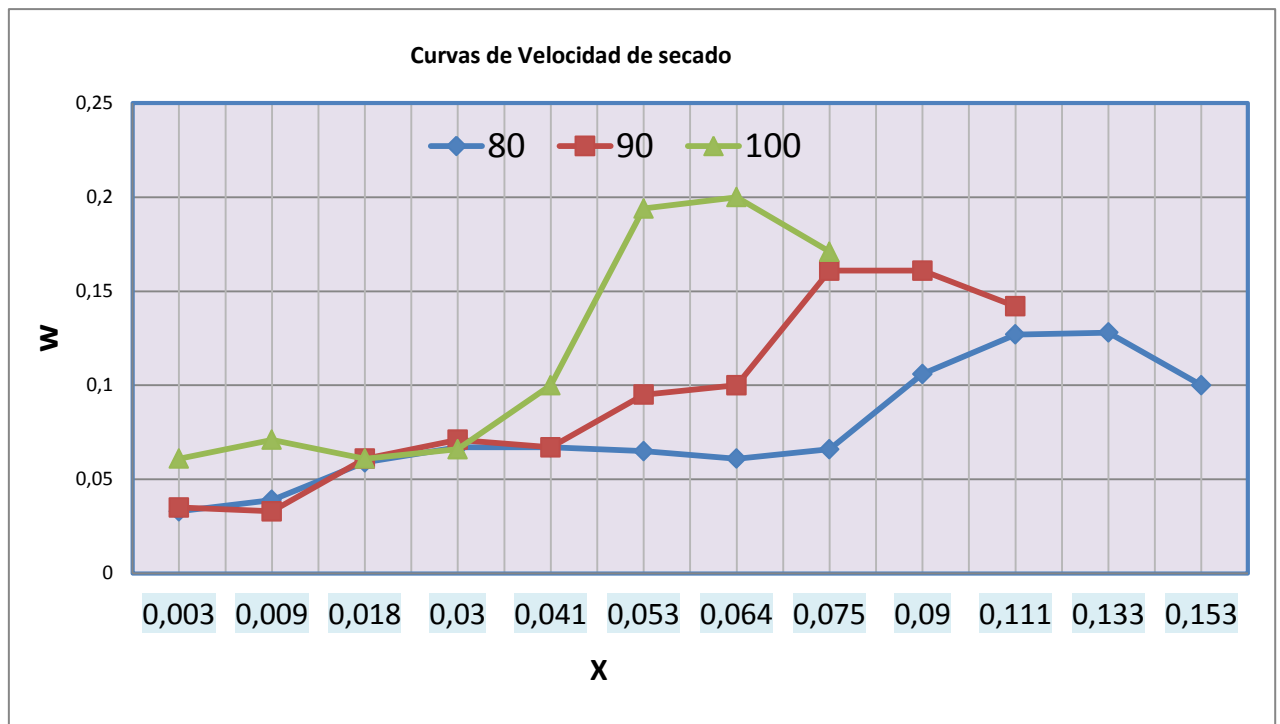
Fig. 3.3.2-2. Curva de $W = f(x)$ a 90 C

Debido al incremento de la temperatura el comportamiento característico que tiene la harina de sangre en la etapa del secado se puede observar mediante los diferentes periodos de velocidad que se presentas en las grafica mostrando una variación continua con la perdida de humedad.



Fuente: MORETA M. 2012

Fig. 3.3.2-3. Curva de $W = f(x)$ a 100 C



Fuente: MORETA M. 2012

Fig. 3.3.2-4 Comparación de la velocidad de secado en función de la humedad a diferentes temperaturas de secado.

Todas las curvas de secado que se han representado corresponden a la velocidad de secado en función a la humedad, a lo cual tienen un comportamiento similar a las curvas características de secado. En el primer caso se observa las curvas no van acordes a las diferentes temperaturas debido a una variación en el tiempo de secado y pérdida del contenido de humedad, mientras tanto en el segundo caso se presenta una similitud de las curvas de secado a diferentes temperaturas, en la cual la curva de 80 y 90 C coincidió con los datos obtenidos de los análisis realizados en el CESTTA, de estas tomaremos solamente la curva de 100 C como base para los cálculos posteriores. A continuación se muestra la tabla elegida para partir para el resto de cálculos del diseño y posterior construcción.

TABLA 3.4.2-2
RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS DEL DISEÑO DEL SECADOR DE TÚNEL

1	2	3
BALANCE DE MASA ♦Cantidad de agua eliminada 0,029 kg	♦ Entalpia del aire (salida) 28,8 kcal / kg	♦Calor total necesario para calentar el sistema 103,01 kcal
♦Caudal del aire(entrada) 2,97 Kg de aire seco /h	♦ Calor Perdido 8,87 kcal / h	♦Calor que debe suministrar los serpentines 55,38 kcal / h
Humedad de aire (salida) 0,025	♦ Calor Sensible 69,95 kcal / kg	♦Cantidad de vapor a suministrar 0,06 kg / h
BALANCE DE ENERGÍA	♦ Calor Latente 545,12 kcal / kg	♦Consumo específico de vapor 0,03 kg
♦ Entalpia del solido (entrada) 13,8 kcal/kg	♦ Calor suministrado para llevar de 20 - 90 C 172,72 kcal	♦Temperatura media del sólido y del aire 49 C
♦ Entalpia del solido (salida) 26,65 kcal/kg	♦Calor suministrado para llevar de 20 - 65 C 0,378 kcal	♦Temperatura de salida del aire si no hubiera perdidas 96,82
♦ Entalpia del aire (entrada) 29,788 kcal/kg		♦ Números de elementos de transmisión 0,06

4	ZONA I	5	SECADOR DE TÚNEL	6
CALCULO PARA LA LONGITUD DEL SECADOR	♦ Temperatura de entrada 58 C		♦Número total de elementos de transmisión 0,323	
ZONA II ♦ Entalpia del solido (entrada) 22,8 kcal / kg	♦ Temperatura media del sólido y gas 31 C		♦ Altura del elemento de transmisión 5,94	
♦ Entalpia del solido (salida) 13,12 kcal / kg	♦Temperatura del gas sin perdidas al exterior 1,8 C		♦ Longitud del secador de túnel 1,93 m	
♦ Temperatura del gas 37,65 C	♦ Numero de elementos de transmisión 0,06		CÁLCULOS ADICIONALES ♦ Cantidad de aire necesario que debe suministrar el Venterol 3,14 m3	
♦ Temperatura del gas por perdidas(exterior) 29,1 C	ZONA III			
♦ Temperatura del gas sin perdidas 8,55 C	♦ Calor absorbido por el solido 2,26 kcal / h		♦Caudal del aire 6,28 m3 /h	
	♦ Calor perdido al exterior 0,885 kcal / kg		♦ Velocidad de la banda transportadora 0,06 m/s	
	♦ Calor cedido por el aire 95,6 C			

DIAGRAMA DE INGENIERIA DEL CAMAL FRIGORIFICO DE RIOBAMBA

TRS

Tanque Recepcion de Sangre
Material: Acero inoxidable
Cap: 2000 lt

TAS

Tanque Almacen de Sangre
Material: Acero inoxidable
Cap: 3000 lt

DS

Desidratador de Sangre
Material: Acero inoxidable
Cap: 3000 lt

TA

Tanque de Agua
Material: PUS

EO

Eliminador de olores
Material: Acero inoxidable

Q

Quemador
T: 1100-1200 C

SM

Sala Maquinas
Caldero Diesel

TM

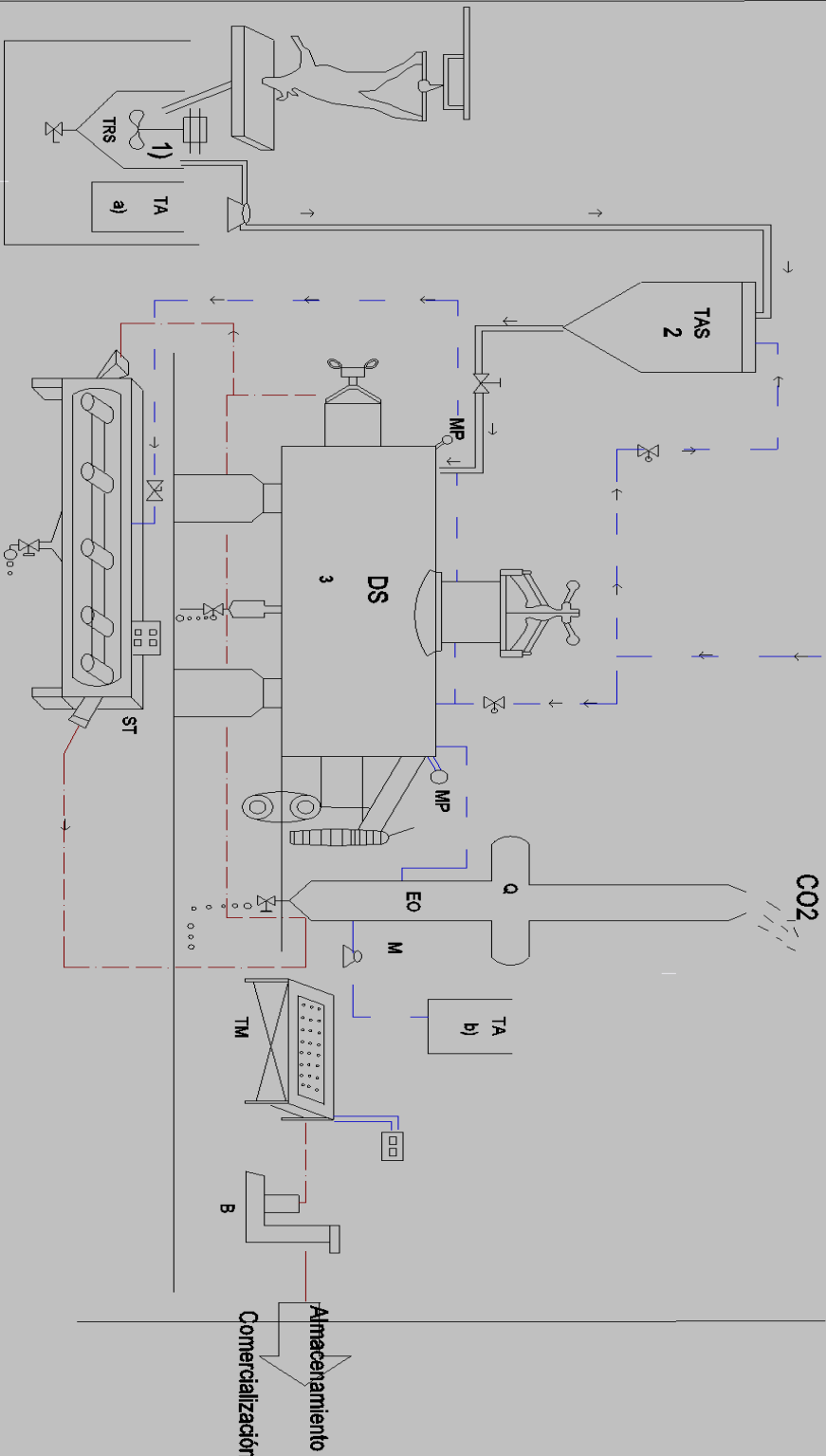
Tornizado mecanico
Material: Acero inoxidable

B: Balanza
200 Kg

MP: manómetros de Presion

SM

ST: Secador Tipo Tunel
Material: Acero inoxidable



3.3.3. PROPUESTA DEL DISEÑO

Fuente: MORETA M. 2012

Todos los cálculos hallados anteriormente se utilizó para realizar El Diseño de un secador Tipo Túnel para la Deshidratación de Harina de Sangre.

Un factor muy importante en la calidad de los alimentos es la humedad de esta depende su preservación, en el caso de la Harina de Sangre es comercialmente aceptables cuando tienen un contenido entre 11 a 8% de humedad de acuerdo al punto de vista de las relaciones de equilibrio y de velocidad los valores obtenidos a través de los ensayos con una humedad inicial entre 30% - 31% en un secador estacionario de bandejas dan un tiempo real de secado de 1,33 h con una humedad final del 13%.

Prácticamente ya en la Planta Deshidratadora de Harina de sangre (Anexo16) lo que se pretende con este diseño es introducir un proceso más para la obtención del producto, con la finalidad de extraer mayor cantidad de humedad de la materia resultante y que se encuentre dentro de las normas establecidas especialmente en lo que se refiere a humedad 8 a 12 % y proteína 87 a 89% .Después de salir la harina de sangre del digestor este se dirigirá al secador tipo túnel para que por medio de vapor seco que se produce en la caldera se eliminara el restante de humedad y a su vez no se dispondrá de su aireación en el suelo, más bien luego del secado se procederá al tamizado mecánico y por ultimo al ensacado y almacenamiento obteniendo así el producto en las condiciones de asepsia mas adecuadas y con los porcentajes proteicos adecuado

Básicamente se basa en un diseño del equipo cuya estructura sea rectangular, además de sus complementos como banda transportadora, tolva de alimentación de la materia prima con rodillos acoplados para dar movimiento al mismo, ventilador, sensores digitales que controlaran la temperatura del equipo, además de un acople en la que se introduzca vapor producido por el caldero se opera en el camal como fuente de calor.

Dentro de las características en si constaría de una capacidad de carga de 0,167 kg / h de 2 metros de largo y 0,50 m tanto de ancho y altura la banda transportadora de 4 m

de longitud, a base de los resultados de los cálculos expuestos en la investigación de alimentaria al equipo a base de vapor a suministrar en los serpentines de 0,06 kg /h, a una presión dada por el manómetro del caldero de 14,3 psi, a la presión de 100C.

Prácticamente el secado de Harina de Sangre se realiza en un tiempo total de 1,333 horas con una humedad inicial de 39,34 % y llegando a su humedad final de 11,47 % dándonos una eficiencia del 86 %.

3.3.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La fabricación de la Harina de Sangre en su diagnóstico consta de un parámetro de humedad de 39, 34 % y de grado proteico en un 51,42 %, lo que, indica que no se está procesando correctamente para obtener la materia prima dentro de los parámetros y normas establecidas.

Mediante los cálculos de ingeniería se determinó la cantidad de flujo de aire a suministrar que es de 3,17 kg/h conseguido a través de un balance simultáneo de materia y energía en diferentes condiciones de temperatura, presión, humedad que a través del secadero ya no permanecen constantes, por lo tanto, existe la variación de la temperatura del aire como del sólido, por que el secado se está realizando en las tres zonas de secado ya que es un flujo de aire caliente se lo realiza en contracorriente el cual sirve para secar la harina de sangre.

La transmisión de calor permitirá el cálculo de la longitud del secadero continuo dando un valor de 2,00 m el mismo que se tomó de acuerdo al cálculo de los elementos de transmisión basado en la convección del calor y la longitud de la unidad de transmisión.

El número de elementos de transmisión del secador de túnel está representado en tres zonas de secado, zona I (0,06), zona II (0,06) y zona III (0,203), donde el signo positivo indica un flujo a contracorriente, por lo que se puede observar que la temperatura del aire desciende de modo continuo desde la entrada hasta la salida del secador (100C – 55C), debido a que en este rango de temperatura la harina de sangre presenta un bajo porcentaje de disminución en su valor proteico, mientras la del sólido asciende lentamente y se estabiliza en un valor constante (20C – 65C), temperatura a la cual la humedad de la harina de sangre se encuentra entre los 10 y 12 % de humedad y finalmente asciende.

Prácticamente toda la humedad del sólido se separa en la Zona II en la cual se supone que el secado se limita a la sección central, mientras que en los extremos tiene lugar solamente transmisión de calor sin transporte de materia.

Al realizar el análisis de la harina de sangre, se obtiene un porcentaje proteico de 67,57 % y con una humedad de 11,17% (anexo 9), prácticamente el grado de humedad si se cumple en base a las norma INEN 2050, sin embargo el grado proteico es deficiente ya que no se llega a obtener el 87 % por ende esta fuera de los parámetros debido a que el producto resultante que se obtiene del digestor sale con un grado proteico bajo de 51,42% (anexo 1), esto se debe a las altas temperaturas que se suministran al equipo y por el diseño mismo ya que es un secador tradicional y su tecnología no abastece a obtener el producto deseado.

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Se identificó el proceso para la fabricación de la harina de sangre, además de indagar los recursos tanto humanos como materiales que son útiles e indispensables para obtener un producto con las más altas normas de higiene y calidad.
- Se realiza el diagnóstico del proceso actual de la harina de sangre determinando varias falencias en lo que se refiere a calidad e higiene del producto debido a las temperaturas sometidas al producto dando un bajo grado proteico y la putrefacción del mismo en corto tiempo.
- Se obtiene las variables optimas de operación en lo que se refiere a las dimensiones del equipo: 2 m de largo, 0,50 m de ancho, 0,45 m de alto, se podría utilizar para su construcción tubos de hierro para los serpentines y acero inoxidable para la carcasa de acuerdo a la Normas establecidas .Dentro de las variables de operación determinadas son; temperatura de operación de 45 C y un flujo de aire 2,97 Kg / h. La fuente de calor utilizado es vapor seco que se obtendrá del caldero a una presión de 14,2 psi y para contrarrestar las pérdidas de calor se puede utilizar madera o fibra de vidrio.
- El diseño del secador de túnel proporcionará de una Harina de sangre con un

grado de humedad de 11,47 % y de un grado proteico de 65,57 %, dando una calidad aceptable del producto para su comercialización sustentándose en la Norma INEN 2050.

- Los resultados experimentales obtenidos en la caracterización de la materia prima para el control microbiológico de la sangre de bovinos, tanto en producto fresco como en producto seco, nos indican que ha sufrido una proliferación de microorganismos por no haberse mantenido las muestras en condiciones adecuadas, y por la variación del contenido de agua en cada una de ellas, estos valores experimentales inciden directamente en el desarrollo microbiano.

4.2. RECOMENDACIONES

- Hay que realizar un muestreo mensual de la harina de sangre procesada ya que una vez que se deja en la bodega de almacenamiento en el Camal Municipal de Riobamba, la entrega que se realiza hacia las industrias florícolas de las ciudades de Latacunga y Salcedo se entregan al mes y por ende la harina de sangre tiende a absorber humedad del medio ambiente tendiendo a perder la calidad proteica y a producir malos olores.
- El diseño del equipo estará incorporado un controlador automático que permita identificar el rango de la temperatura y presiones utilizadas para secar la materia prima expuesta por ende debe esperarse que se establezca el rango deseado de operación.
- El proceso debe hacerse con estrictas condiciones de higiene y seguridad, el lugar donde se ubique el secador de túnel debe ser un área amplia para el buen desenvolvimiento de la persona a cargo del proceso.

- El secador de túnel puede ser compatible con otros alimentos de similares características principalmente productos granulares tales como harina de hueso , rumen de ganado bovino, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) **BARBOZA., G. y Otros., H.**, Deshidratación de Alimentos., s. ed., Zaragoza-España., Editorial Acribia., 2000., Pp. 35-40.
- 2) **BROWN., G.**, Operaciones Básicas de la Ingeniería Química., Madrid-España., Editorial Marín S.A., 1965., Pp. 58-62.
- 3) **GEANKOPLIS., C.**, Proceso de Transporte y Operaciones Unitarias., México-México., Editorial Continental., 1982., Pp. 450-483.
- 4) **HIMMELBLAU., D.**, Balances de Materia y Energía., 4a. ed., México-México., Editorial Prentice- Hall Hispanoamericana., 1988., Pp. 475-477.
- 4) **KENNET., J.**, Termodinámica., 6a. ed., Barcelona-España., Editorial Mc. Graw Hill., 2001., Pp.468-486.
- 5) **McCABE., S.**, Operaciones básicas de Ingeniería Química., s. ed., Barcelona-España., Editorial Reverté., Pp. 206-212.

6) OCON., J., TOJO., G., Problemas de Ingeniería Química., 2a. ed., Santiago-Chile-Chile., Editorial Aguilar., Pp. 240-306., V. 2.

7) PERRY., R., Manual del Ingeniero Químico., 7a. ed., Madrid-España., Editorial McGraw Hill., 2001., Pp. 12-45.

BIBLIOGRAFÍA INTERNET

8) FACTORES DE SECADO

<http://chasque.apc.org>

(2012-01-26)

http://es.wikipedia.org/wiki/Secado_de_s%C3%B3lidos

(2011-12-05)

8) HARINA DE SANGRE, PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS

http://orbita.starmedia.com/tecnologiaalimentos/analisis_grasas.htm

(2011-12-01)

10) HARINA DE SANGRE

<http://www.sica.com.ec>

(2011-11-18)

<http://www.edicionestecnicasreunidas.com>

(2011-11-20)

<http://www.origenmaizhistoria/alimentos.ec>

(2011-11-20)

11) SECADO

<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/283/cap1.html>

(2011-12-01)

12) SECADO DE SÓLIDOS

http://www.industriaalimenticia.com/Archives_Davinci?article=1031

(2011-11- 15)

<http://geocities.com/iq300uia/opunit17.jpg>

(2011-11- 15)

ANEXOS

ANEXO 1. RESULTADO DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE



LABORATORIO DE ANÁLISIS
AMBIENTAL E INSPECCIÓN
LAB-CESTTA

ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS
Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL

FACULTAD DE CIENCIAS
Panamericana Sur Km. 1 1/2
Teléfono: (03) 2 998232'
RIOBAMBA - ECUADOR



ENSAYOS No.
OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO No:
ST:

1046
11 - 0057 ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Nombre Peticionario:
Atm.
Dirección:

Sr. Marco Moreta
Cda. Los Olivos

FECHA:
NUMERO DE MUESTRAS:
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE ANÁLISIS:
TIPO DE MUESTRA:
CÓDIGO LAB-CESTTA:
CÓDIGO DE LA EMPRESA:
PUNTO DE MUESTREO:
ANÁLISIS SOLICITADO:
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:
CONDICIONES AMBIENTALES:

16 de Mayo de 2011
1
2011/05/10-16:30
2011/05/10-12:00
2011/05/10- 2011/05/10
Harina de Sangre
LAB-Alm 68-IT
N.A.
Camal Municipal Riobamba salida digestor
Análisis Proximal
Sr. Marco Moreta
Tmáx.:25.0°C. Tmin.:21.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
*Proteína	PEE/LAB-CESTTA/ 104 AOAC/ Volumétrico	%	51,42	-
* Grasa	PEE/LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	3,78	--
*Humedad	PEE/LAB-CESTTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	39,34	--
*Cenizas	PEE/LAB-CESTTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	0,33	--

OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Parámetros expresados en base fresca
- Muestra receptada en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

BQF. Ximena Carrión
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CEPITA

Dra. Nancy Veloz M
JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos de ensayo

Página 1 de 1

Notas	Categoría de diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	TEMA		
	Certificado Por aprobar Aprobado	Por eliminar Para informar Por calificar	SECADOR DE TÚNEL		
		FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUÍMICA Marco Saúl Moreta Sánchez	Lamina	Escala	Fecha
			N.0,1		2012/06/15

ANEXO 2. RESULTADO DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE

(DESPUÉS DE 10 MIN DE SECADO)



LABORATORIO DE ANÁLISIS
AMBIENTAL E INSPECCIÓN
LAB-CESTTA

ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS
Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL

FACULTAD DE CIENCIAS
Panamericana Sur Km. 1 Vñ
Teléfono: (03) 2 998232'
RIOBAMBA - ECUADOR



ENSAYOS No.
OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO No:
ST:

1044
11 - 0065 ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Nombre Peticionario:
Atm.
Dirección:

Sr. Marco Moreta
Cdla. Los Olivos

FECHA:
NUMERO DE MUESTRAS:
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE ANÁLISIS:
TIPO DE MUESTRA:
CÓDIGO LAB-CESTTA:
CÓDIGO DE LA EMPRESA:
PUNTO DE MUESTREO:
ANÁLISIS SOLICITADO:
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:
CONDICIONES AMBIENTALES:

30 de Mayo de 2011
1
2011/05/24-12:30
2011/05/24-11:30
2011/05/24- 2011/05/24
Harina de Sangre
LAB-Alm 213-11
N.A.
Camal Municipal Riobamba salida digestor
Análisis Proximal
Sr. Marco Moreta
Tmáx.:25.0°C. Tmin.:21.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
*Proteína	PEE /LAB-CESTTA/ 104 AOAC/ Volumétrico	%	53,18	-
*Grasa	PEE/LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	3,74	--
*Humedad	PEE/LAB-CESTTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	34,3	--
*Cenizas	PEE /LAB-CESTTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	0,33	--

OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Parámetros expresados en base fresca
- Muestra receptada en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

BQF. Ximena Carrión
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CEPITA

Dra. Nancy Veloz M
JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos de ensayo

Página 1 de 1

Notas	Categoría de diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUÍMICA Marco Saúl Moreta Sánchez	TEM		
	Certificado Por aprobar Aprobado	Por eliminar Para informar Por calificar	SECADOR DE TÚNEL		
			Lamina	Escala	Fecha
			N.0,2		2012/06/15

ANEXO 3. RESULTADO DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE

(DESPUÉS DE 20 MIN)



LABORATORIO DE ANÁLISIS
AMBIENTAL E INSPECCIÓN
LAB-CESTA

ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS
Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL

FACULTAD DE CIENCIAS
Panamericana Sur Km. 1 V
Teléfono: (03) 2 998232'
RIOBAMBA - ECUADOR



ENSAYOS No.
OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO No:
ST:

1044
11 - 0065 ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Nombre Peticionario:
Atm.
Dirección:

Sr. Marco Moreta
Cdda. Los Olivos

FECHA:
NUMERO DE MUESTRAS:
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE ANÁLISIS:
TIPO DE MUESTRA:
CÓDIGO LAB-CESTA Ai
CÓDIGO DE LA EMPRESA:
PUNTO DE MUESTREO:
ANÁLISIS SOLICITADO:
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:
CONDICIONES AMBIENTALES:

30 de Mayo de 2011
1
2011/05/24-12:30
2011/05/24-11:00
2011/05/24 - 2011/05/30
Harina de Sangre
LAB-Alm 212-11
NA.
Camal Municipal Riobamba salida digestor
Análisis Proximal
Sr. Marco Moreta
Tmáx.:25.0°C. Tmin.:21.0°C


RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
*Proteína	PEE /LAB-CESTA/ 104 AOAC/ Volumétrico	%	54,94	-
* Grasa	PEE/LAB-CESTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	3,74	--
*Humedad	PEE/LAB-CESTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	28,3	--
*Cenizas	PEE /LAB-CESTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	0,32	--


OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Parámetros expresados en base fresca
- Muestra receptada en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:


BQF. Ximena Carrión
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CEPITA


Dra. Nancy Veloz M
JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos de ensayo

Página 1 de 1

Notas	Categoría de diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUÍMICA Marco Saúl Moreta Sánchez	TE		
	Certificado Por aprobar Aprobado	Por eliminar Para informar Por calificar	SECADOR DE TÚNEL		
			Lamina	Escala	Fecha
			N.0,3		2012/06/15

ANEXO 4. RESULTADO DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE REALIZADO EN EL SECADOR DE BANDEJAS (30 min)



LABORATORIO DE ANÁLISIS
AMBIENTAL E INSPECCIÓN
LAB-CESTTA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO

CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS
Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL

FACULTAD DE CIENCIAS
Panamericana Sur Km. 1 Vñ
Teléfono: (03) 2 998232'
RIOBAMBA - ECUADOR



ENSAYOS No.
OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO No:
ST:

1144
11 - 0065 ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Nombre Peticionario:
Atm.
Dirección:

Sr. Marco Moreta
Cda. Los Olivos

FECHA:
NUMERO DE MUESTRAS:
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE ANÁLISIS:
TIPO DE MUESTRA:
CÓDIGO LAB-CESn Ai
CÓDIGO DE LA EMPRESA:
PUNTO DE MUESTREO:
ANÁLISIS SOLICITADO:
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:
CONDICIONES AMBIENTALES:

30 de Mayo de 2011
1
2011/05/24-12:30
2011/05/24-11:30
2011/05/24- 2011/05/30
Harina de Sangre
LAB-Alm 213-11
NA
Camal Municipal Riobamba salida digester
Análisis Proximal
Sr. Marco Moreta
Tmáx.:25.0°C. Tmin.:21.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
*Proteína	PEE /LAB-CESTTA/ 104 AOAC/ Volumétrico	%	56,4	-
*Grasa	PEE/LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	3,73	--
*Humedad	PEE/LAB-CESTTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	22,3	--
*Cenizas	PEE /LAB-CESTTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	0,31	--

OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Parámetros expresados en base fresca
- Muestra receptada en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

BQF. Ximena Carrión
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CEPITA

Dra. Nancy Veloz M
JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos de ensayo

Página 1 de 1

Notas	Categoría de diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUÍMICA Marco Saúl Moreta Sánchez	TE		
	Certificado Por aprobar Aprobado	Por eliminar Para informar Por calificar	SECADOR DE TUNEL		
			Lamin	Escala	Fecha
			N.0,4		2009/06/15

ANEXO 5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE (40 MIN)



LABORATORIO DE ANÁLISIS
AMBIENTAL E INSPECCIÓN
LAB-CESTTA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO

CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS
Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL

FACULTAD DE CIENCIAS
Panamericana Sur Km. 1 Vi
Teléfono: (03) 2 998232'
RIOBAMBA - ECUADOR



ENSAYOS No.
OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO No:
ST:

1144
11 - 0065 ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Nombre Peticionario:

Sr. Marco Moreta

Atm.

Cdla. Los Olivos

Dirección:

FECHA:

30 de Mayo de 2011

NUMERO DE MUESTRAS:

1

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:

2011/05/24-12:30

FECHA DE MUESTREO:

2011/05/24-11:30

FECHA DE ANÁLISIS:

2011/05/24- 2011/05/30

TIPO DE MUESTRA:

Harina de Sangre

CÓDIGO LAB-CESn Ai

LAB-Alm 213-11

CÓDIGO DE LA EMPRESA:

N.A.

PUNTO DE MUESTREO:

Camal Municipal Riobamba salida digestor

ANÁLISIS SOLICITADO:

Análisis Proximal

PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:

Sr. Marco Moreta

CONDICIONES AMBIENTALES:

Tmáx.:25.0°C. Tmin.:21.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
*Proteína	PEE /LAB-CESTTA/ 104 AOAC/ Volumétrico	%	58,4	-
* Grasa	PEE/LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	3,73	--
*Humedad	PEE/LAB-CESTTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	19,3	--
*Cenizas	PEE /LAB-CESTTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	0,31	--

OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Parámetros expresados en base fresca
- Muestra receptada en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

BQF. Ximena Carrión
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CEPITA

Dra. Nancy Veloz M
JEFE DE LABORATORIO

Notas	Categoría de diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUÍMICA Marco Saúl Moreta Sánchez	TEMA		
	Certificado Por aprobar Aprobado	Por eliminar Para informar Por calificar	SECADOR DE TÚNEL		
			Lamina	Escala	Fecha
			N.0,5		2012/06/15

ANEXO 6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE HARINA DE SANGRE

(50 MIN)



LABORATORIO DE ANÁLISIS
AMBIENTAL E INSPECCIÓN
LAB-CESTTA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO

CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS
Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL

FACULTAD DE CIENCIAS
Panamericana Sur Km. 1 Vñ
Teléfono: (03) 2 998232
RIOBAMBA - ECUADOR



ENSAYOS No.
OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO No:
ST:

1256
11 - 070 ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Nombre Peticionario:
Atn.
Dirección:

Sr. Marco Moreta
Cda. Los Olivos

FECHA:
NUMERO DE MUESTRAS:
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE ANÁLISIS:
TIPO DE MUESTRA:
CÓDIGO LAB-CESTTA:
CÓDIGO DE LA EMPRESA:
PUNTO DE MUESTREO:
ANÁLISIS SOLICITADO:
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:
CONDICIONES AMBIENTALES:

07 de Junio de 2011
1
2011/06/03-12:30
2011/06/03-11:30
2011/06/03 - 2011/06/07
Harina de Sangre
LAB-Alm 227-11
NA
Camal Municipal Riobamba salida digestor
Análisis Proximal
Sr. Marco Moreta
Tmáx.:25.0°C. Tmin.:21.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
*Proteína	PEE /LAB-CESTTA/ 104 AOAC/ Volumétrico	%	60,16	-
*Grasa	PEE/LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	3,72	--
*Humedad	PEE/LAB-CESTTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	17,6	--
*Cenizas	PEE /LAB-CESTTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	0,31	--

OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Parámetros expresados en base fresca
- Muestra receptada en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

BQF. Ximena Carrión
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
IAB - CEPITA

Dra. Nancy Veloz M
JEFE DE LABORATORIO

Notas	Categoría de diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUÍMICA	TEMA		
	Certificado Por eliminar Por aprobar Para informar Aprobado Por calificar	Marco Saúl Moreta Sánchez	SECADOR DE TÚNEL		
			Lamina	Escala	Fecha
			N.0,6		2012/06/15

ANEXO 7. RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE(60 MIN)



LABORATORIO DE ANÁLISIS
AMBIENTAL E INSPECCIÓN
LAB-CESTTA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO

CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS
Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL

FACULTAD DE CIENCIAS
Panamericana Sur Km. 1 Vñ
Teléfono: (03) 2 998232'
RIOBAMBA - ECUADOR



ENSAYOS No.
OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO No:
ST:

1299
11 - 071 ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Nombre Peticionario:
Atm.
Dirección:

Sr. Marco Moreta
Cdla. Los Olivos

FECHA:
NUMERO DE MUESTRAS:
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE ANÁLISIS:
TIPO DE MUESTRA:
CÓDIGO LAB-CESu Ai
CÓDIGO DE LA EMPRESA:
PUNTO DE MUESTREO:
ANÁLISIS SOLICITADO:
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:
CONDICIONES AMBIENTALES:

11 de Junio de 2011
1
2011/06/07-15:30
2011/06/07-10:30
2011/06/07- 2011/06/11
Harina de Sangre
LAB-Alm 230-11
NA.
Camal Municipal Riobamba salida digestor
Análisis Proximal
Sr. Marco Moreta
Tmáx.:25.0°C. Tmin.:21.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
*Proteína	PEE /LAB-CESTTA/ 104 AOAC/ Volumétrico	%	62,0	-
*Grasa	PEE/LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	3,71	--
*Humedad	PEE/LAB-CESTTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	13,9	--
*Cenizas	PEE /LAB-CESTTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	0,30	--

OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Parámetros expresados en base fresca
- Muestra receptada en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

BQF. Ximena Carrión
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
1AB - CEPITA

Dra. Nancy Veloz M
JEFE DE LABORATORIO

Notas	Categoría de diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUÍMICA Marco Moreta	TEMA		
	Certificado Por aprobar Aprobado	Por eliminar Para informar Por calificar	SECADOR DE TUNEL		
			Lamina	Escala	Fecha
			N.0,7		2012/06/15

ANEXO 8. RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE (70 MIN)



LABORATORIO DE ANÁLISIS
AMBIENTAL E INSPECCIÓN
LAB-CESTA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO

CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS
Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL

FACULTAD DE CIENCIAS
Panamericana Sur Km. 1 1/2
Teléfono: (03) 2 998232
RIOBAMBA - ECUADOR



ENSAYOS No.
OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO No:
ST:

1229
11 - 0065 ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Nombre Peticionario:

Sr. Marco Moreta

Atm.

Cdla. Los Olivos

Dirección:

11 de Junio del 2011

FECHA:

1

NUMERO DE MUESTRAS:

2011/06/07-12:30

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:

2011/06/07-11:30

FECHA DE MUESTREO:

2011/06/07 - 2011/06/011

FECHA DE ANÁLISIS:

Harina de Sangre

TIPO DE MUESTRA:

LAB-Alm 252-11

CÓDIGO LAB-CESSTA

N.A.

CÓDIGO DE LA EMPRESA:

Camal Municipal Riobamba salida digestor

PUNTO DE MUESTREO:

Análisis Proximal

ANÁLISIS SOLICITADO:

Sr. Marco Moreta

PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:

Tmáx.:25.0°C. Tmin.:21.0°C

CONDICIONES AMBIENTALES:

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
*Proteína	PEE /LAB-CESTA/ 104 AOAC/ Volumétrico	%	63.68	-
*Grasa	PEE/LAB-CESTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	3,73	--
*Humedad	PEE/LAB-CESTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	13,9	--
*Cenizas	PEE /LAB-CESTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	0,30	--

OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Parámetros expresados en base fresca
- Muestra receptada en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

BQF. Ximena Carrión
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CEPITA

Dra. Nancy Veloz M
JEFE DE LABORATORIO

Notas	Categoría de diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUÍMICA Marco Saúl Moreta Sánchez	TEMA		
	Certificado Por eliminar Por aprobar Para informar Aprobado Por calificar		SECADOR DE TÚNEL		
			Lamina	Escala	Fecha
			N.0,8		2012/06/15

ANEXO 9. RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE SANGRE (80 MIN)



**LABORATORIO DE ANÁLISIS
AMBIENTAL E INSPECCIÓN
LAB-CESTTA**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO**

**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS
Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS
Panamericana Sur Km. 1 Vi
Teléfono: (03) 2 998232'
RIOBAMBA - ECUADOR**



ENSAYOS No.
OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO No: ST: Nombre Peticionario: Atm. Dirección: FECHA: NUMERO DE MUESTRAS: FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: FECHA DE MUESTREO: FECHA DE ANÁLISIS: TIPO DE MUESTRA: CÓDIGO LAB-CESTA CÓDIGO DE LA EMPRESA: PUNTO DE MUESTREO: ANÁLISIS SOLICITADO: PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: CONDICIONES AMBIENTALES:	1517 11 - 0065 ANÁLISIS DE ALIMENTOS Sr. Marco Moreta Cdla. Los Olivos 08 de Julio del 2011 1 2011/07/01-12:30 2011/07/01-11:30 2011/07/01- 2011/07/08 Harina de Sangre LAB-Alm 252-11 N.A. Camal Municipal Riobamba salida digestor Análisis Proximal Sr. Marco Moreta Tmáx.:25.0°C. Tmín.:21.0°C
--	---

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
*Proteína	PEE /LAB-CESTTA/ 104 AOAC/ Volumétrico	%	65,57	-
*Grasa	PEE/LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	3,73	--
*Humedad	PEE/LAB-CESTTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	11,17	--
*Cenizas	PEE /LAB-CESTTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	0,30	--

OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Parámetros expresados en base fresca
- Muestra receptada en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

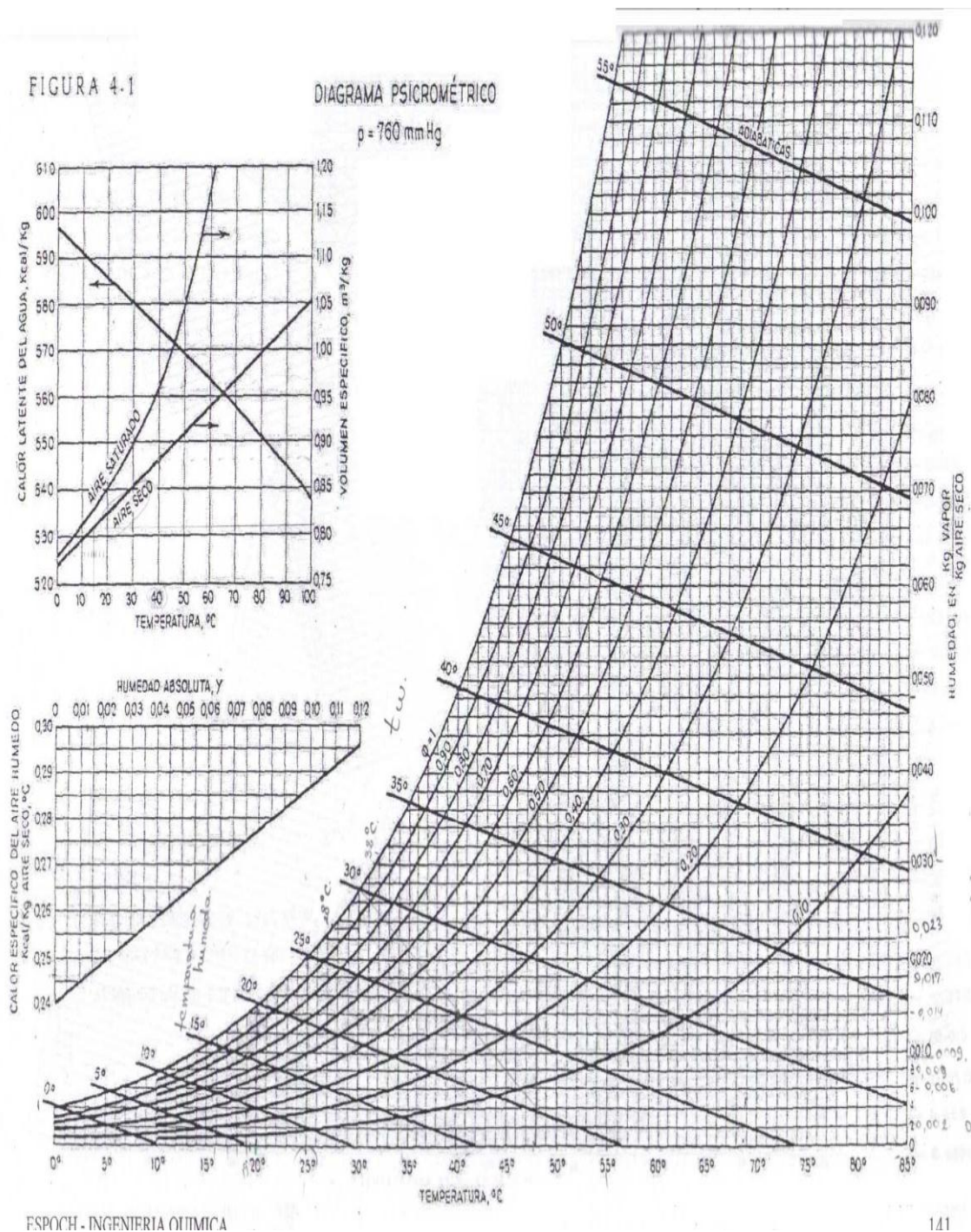
BQF. Ximena Carrión
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CEPITA

Dra. Nancy Veloz M
JEFE DE LABORATORIO

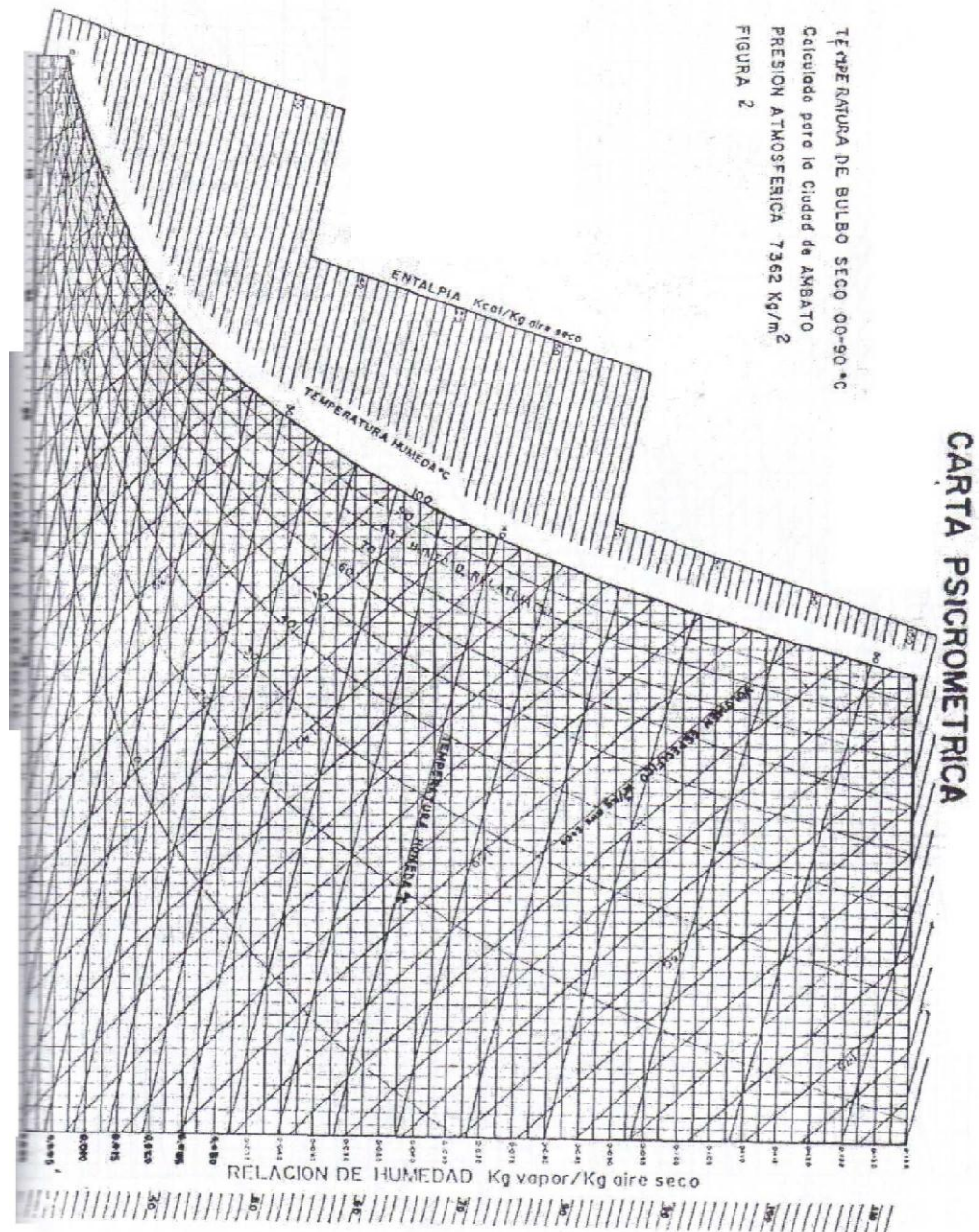
Notas	Categoría de diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUÍMICA Marco Saúl Moreta Sánchez	TEMA		
	Certificado Por eliminar Por aprobar Para informar Aprobado Por calificar		SECADOR DE TÚNEL		
			Lamina	Escala	Fecha
			N.0,9		2012/06/15

ANEXO 11. DIAGRAMA PSICOMÉTRICA



Notas	Categoría de diagrama		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		TEMA		
	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUÍMICA Marco Saúl Moreta Sánchez		SECADOR DE TÚNEL		
	Por aprobar	Para informar					
	Aprobado	Por calificar					
					Lamina	Escala	Fecha
					N.0,9		2012/06/15

ANEXO 12. CARTA PSICOMÉTRICO PARA LA CIUDAD DE AMBATO



Notas	Categoría de diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUÍMICA Marco Saúl Moreta Sánchez	TEMA		
			SECADOR DE TÚNEL		
			Lamina	Escala	Fecha
	Certificado Por eliminar Por aprobar Para informar Aprobado Por calificar		N.0,10		2012/06/15

ANEXO 13. PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA Y DEL VAPOR DE AGUA A 1 ATM

Propiedades físicas del aire, a 1 atm.

$t, ^\circ\text{C}$	ρ Kg/m^3	μ $10^{-4} \text{ Kg/m} \cdot \text{seg.}$	C_p $\text{Kcal/Kg}^\circ\text{C}$	k $\text{Kcal/mh}^\circ\text{C}$	β $10^{-5} ^\circ\text{C}^{-1}$	ν $10^{-5} \text{ m}^2/\text{seg}$	α $10^{-4} \text{ m}^2/\text{seg}$	$Pr = \frac{\nu}{\alpha}$	$g/\alpha\nu$ 10^3 m^{-1}
0	1,293	1,709	0,238	0,0208	3,66	1,32	1,88	0,702	39,5
50	1,093	1,951	—	0,0240	3,10	1,78	2,57	0,695	21,4
100	0,946	2,175	0,237	0,0272	2,68	2,30	3,37	0,681	12,65
150	0,834	2,385	—	0,0304	2,36	2,86	4,28	0,668	8,02
200	0,746	2,582	0,236	0,0336	2,11	3,46	5,30	0,652	5,35
250	0,675	2,770	—	0,0366	1,97	4,10	6,40	0,640	3,74
300	0,616	2,946	0,235	0,0394	1,74	4,78	7,57	0,632	2,71

TABLA A. 2-5

Propiedades físicas del agua, a 1 atm.

$t, ^\circ\text{C}$	ρ Kg/m^3	μ $10^{-4} \frac{\text{Kg}}{\text{m} \cdot \text{seg}}$	C_p $\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$	k $\frac{\text{Kcal}}{\text{mh}^\circ\text{C}}$	β $10^{-4} ^\circ\text{C}^{-1}$	λ Kcal/Kg	ν $10^{-4} \text{ m}^2/\text{seg}$	α $10^{-7} \text{ m}^2/\text{seg}$	$Pr = \frac{\nu}{\alpha}$	$g/\alpha\nu$ 10^{12} m^{-1}
0	999,8	1,794	1,008	0,491	—	596,4	1,794	1,35	12,2	40,4
10	999,7	1,310	1,002	0,504	0,88	590,9	1,310	1,40	9,4	53,5
20	998,2	1,009	0,9995	0,517	2,07	585,5	1,011	1,44	7,02	67,4
30	995,7	0,800	0,9988	0,530	3,04	580,0	0,803	1,48	5,43	82,4
40	992,2	0,654	0,9987	0,543	3,85	574,5	0,659	1,52	4,33	97,7
50	988,1	0,549	0,9982	0,555	4,60	568,9	0,556	1,56	3,56	113,0
60	983,2	0,470	1,000	0,567	5,21	563,2	0,478	1,60	2,98	228,1
70	977,8	0,407	1,001	0,580	5,86	557,3	0,416	1,65	2,53	143,2
80	971,8	0,357	1,003	0,592	6,41	551,3	0,367	1,69	2,18	158,2
90	965,3	0,317	1,005	0,604	7,00	545,3	0,328	1,73	1,90	172,6
100	958,4	0,284	1,008	0,616	7,48	539,0	0,296	1,77	1,67	186,9
110	951,0	0,256	1,011	0,628	7,9	532,6	0,269	1,81	1,48	201
120	943,4	0,232	1,014	0,640	8,4	525,9	0,246	1,86	1,32	215
130	935,2	0,212	1,017	0,652	9,0	519,0	0,227	1,90	1,19	227
140	926,4	0,196	1,020	0,664	9,7	511,9	0,212	1,95	1,08	236
150	917,3	0,184	1,024	0,676	10,4	504,5	0,201	2,00	1,00	245
160	907,5	0,174	1,027	0,688	11,0	496,9	0,192	2,05	0,935	250

TABLA A. 2-6

Propiedades físicas del vapor de agua a 1 atm. *

$t, ^\circ\text{C}$	ρ Kg/m^3	μ $10^{-4} \frac{\text{Kg}}{\text{m} \cdot \text{seg}}$	C_p $\text{Kcal/Kg}^\circ\text{C}$	k $\text{Kcal/m} \cdot \text{h}^\circ\text{C}$	ν $10^{-4} \text{ m}^2/\text{seg}$	α $10^{-4} \text{ m}^2/\text{seg}$	$Pr = \frac{\nu}{\alpha}$
100	0,580	1,28	0,51	0,0208	2,21	1,96	1,12
200	0,453	1,67	0,46	0,0281	3,68	3,76	0,978
300	0,373	2,02	0,48	0,0366	5,41	5,70	0,948
400	0,317	2,30	0,49	0,0473	7,24	8,49	0,876
500	0,275	2,68	0,52	0,0616	9,73	12,54	0,777

A presiones diferentes de 1 atm., las propiedades del vapor de agua pueden estimarse así:
 Densidad: A partir del volumen específico, por interpolación en las tablas del vapor de agua recalcitado (véase tabla A.2-7).
 Calor específico: Por la igualdad aproximada $c_p = (\Delta h / \Delta t)_p$, sobre las mismas tablas.
 Viscosidad absoluta: Aumenta ligeramente con la presión; pero el aumento puede despreciarse, en primera aproximación, a presiones inferiores a 20 atm.
 Conductividad: Vale lo dicho para la viscosidad.
 Las restantes propiedades son función de las anteriores. En todo caso se recurriría a obras más especializadas (véase, p. ej., el apéndice de la obra *Introduction to the transfer of mass and heat*, ECKERT, McGraw-Hill Book, Nueva York-Toronto-Londres, 1950).

Notas	Categoría de diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUÍMICA Marco Saúl Moreta Sánchez	TEMA		
			SECADOR DE TÚNEL		
			Lamina	Escala	Fecha
	Certificado Por aprobar Aprobado	Por eliminar Para informar Por calificar	N.0,11		2012/06/15

**ANEXO 14. PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA HARINA DE SANGRE EN EL CAMAL
FRIGORÍFICO DE RIOBAMBA**



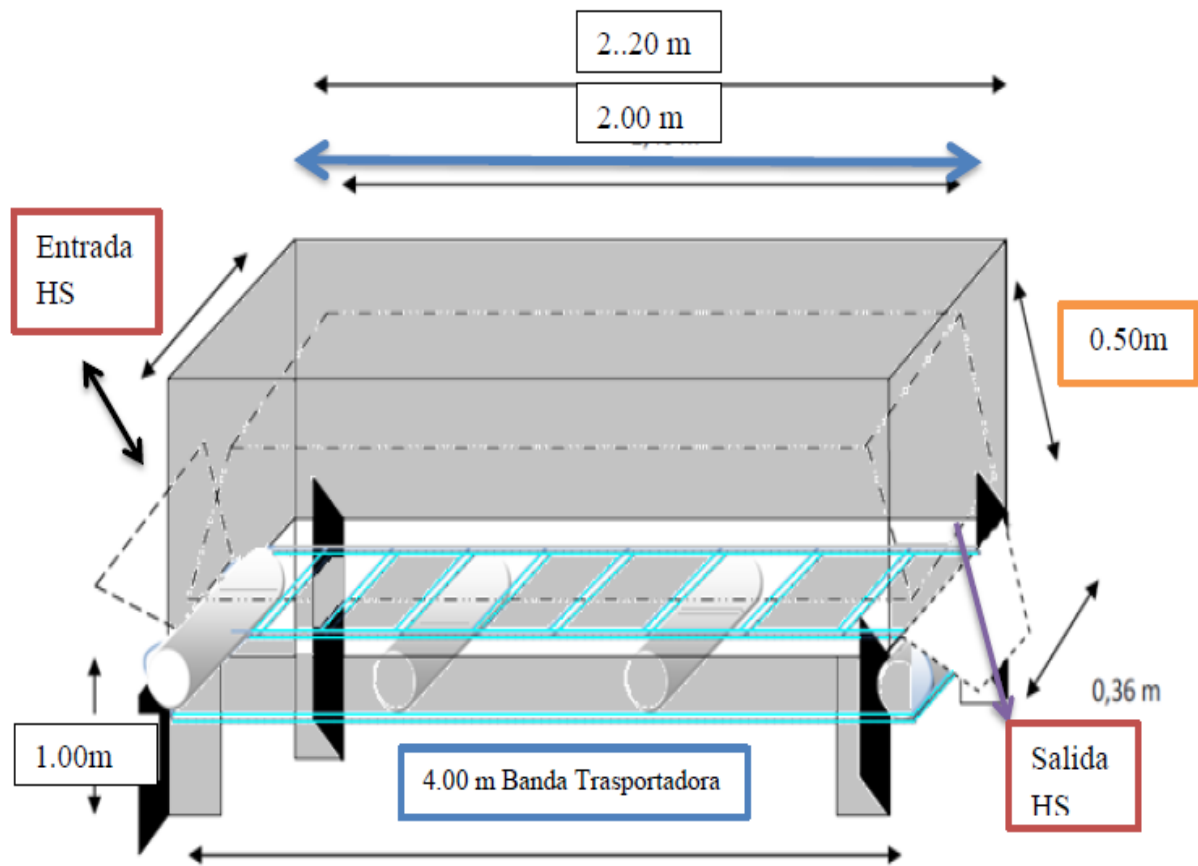
Notas	Categoría de diagrama		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUÍMICA Marco Saúl Moreta Sánchez	TEMA		
				SECADOR DE TUNEL		
				Lamina	Escala	Fecha
	Certificado Por aprobar Aprobado	Por eliminar Para informar Por calificar		N.0,12		2012/06/15

ANEXO 14. RECEPCIÓN DE MUESTRAS Y PRODUCTO TERMINADO



Notas	Categoría de diagrama		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUÍMICA Marco Saúl Moreta Sánchez	TEMA		
				SECADOR DE TÚNEL		
				Lamina	Escala	Fecha
	Certificado Por aprobar Aprobado	Por eliminar Para informar Por calificar		N.0,13		2012/06/15

ANEXO 15. PROPUESTA DEL DISEÑO DEL EQUIPO



Notas	Categoría de diagrama		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUÍMICA Marco Saúl Moreta Sánchez	TEMA		
				SECADOR DE TÚNEL		
				Lamina	Escala	Fecha
	Certificado Por aprobar Aprobado	Por eliminar Para informar Por calificar		N.0,14		2012/06/15

